

ISSN: 2730-1583



วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นอร์ทเทิร์น

Journal of Science and Technology Northern

ปีที่ 3 ฉบับที่ 4 ประจำเดือน ตุลาคม - ธันวาคม 2565





ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐาวรี	ชั้นสำโรง	มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สำราญ	ชั้นสำโรง	ม.มหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย วิทยาเขตเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนัญญา	จิระพรกุล	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เนาวรัตน์	มณีนิล	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อาจารย์ ดร.ยุพรัตน์	หลิมมงคล	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อาจารย์ ดร.คงศักดิ์	บุญยะประณีต	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ ม.เชียงใหม่
อาจารย์ ดร.กิตติพัทธ์	เอี่ยมรอด	สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดตาก
อาจารย์ ดร.จีระเกียรติ	ประสานชนกุล	สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดตาก
อาจารย์ ดร.พัฒนา	นาคทอง	วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี นครลำปาง
ภญ.ดร.ธีรยา	วรปาณี	สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสุโขทัย
อาจารย์ ดร.เสน่ห์	แสงเงิน	มหาวิทยาลัยรามคำแหง วิทยาเขตจังหวัดสุโขทัย
อาจารย์ ดร. อมรศักดิ์	โพธิ์อ่ำ	มหาวิทยาลัยรามคำแหง วิทยาเขตจังหวัดสุโขทัย
อาจารย์ ดร.รชานนท์	ง่วนใจรัก	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
อาจารย์ ดร.จิระภา	ข้าพิสุทธิ	วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น
อาจารย์ ดร.น.สพ.เมธี	สุทธศิลป์	วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น
อาจารย์ ดร.รุ่งตะวัน	เมืองมูล	วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น
อาจารย์ ดร.สถาพร	สาภา	วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น
อาจารย์ ดร.เพชรลดา	บริหาร	วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น
อาจารย์ ดร.สุพัฒน์	อาสนะ	วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดขอนแก่น

ฝ่ายจัดการและเลขานุการกองบรรณาธิการ

อาจารย์เศรษฐกุล	บุญยศศักดิ์เสรี	วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น
อาจารย์กล้าณรงค์	อินตะวงศ์	วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น
อาจารย์ธีรพัฒน์	อินทร์ธรรม	วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น
อาจารย์จตุพร	แพงจักร	วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น
อาจารย์ชนกนันท์	ฝากมิตร	วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น

กำหนดการเผยแพร่

ปีละ 4 ฉบับ

เจ้าของวารสาร

วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น

สำนักงาน

กองบรรณาธิการวารสาร ฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น ชั้น 1
888 หมู่ 2 ถนนพหลโยธิน (แนวเก่า) ตำบลหนองบัวใต้ อำเภอเมือง จังหวัดตาก 63000
โทรศัพท์ 055-517488 ต่อ 808

พิมพ์ที่ บริษัท พีค การพิมพ์ จำกัด เลขที่ 24/9 ถนนติวานนท์ ตำบลบ้านกลาง อำเภอเมืองปทุมธานี
จังหวัดปทุมธานี 12000 โทรศัพท์ 0-297-9571-6

สารบัญ

	หน้า
บทความวิจัย	
ผลของโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารและผลลัพธ์ทางคลินิกของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 คลินิกโรคไตโรงพยาบาลท่าตะโก วรรณลักษณ์ สุประดิษฐอาภรณ์.....	1
การผลิตถ่านกัมมันต์จากเศษไม้ลำไยโดยใช้ซิงค์คลอไรด์ (ZnCl ₂) และน้ำส้มควันไม้เป็นตัวกระตุ้น สังคม สัพโส ,ยุทธนา ศรีอุดม ,ชัยณรงค์ แสนเปา ,วิศิษฐ์ ชัดสาย และกันตภณ เปรมประยูร.....	21
สภาพสุขภาพและคุณภาพน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร จิติสุดา อุดมรัตน์ศิริชัย , สุจิตตรา เทียงสันเทียะ ,วชิระ สิงห์คง และ บุญยกฤต รัตนพันธ์.....	31
การศึกษาสารพฤษเคมีเบื้องต้น ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากหัวกระทือด้วยเทคนิค GC-MS สุกิจ ทองแบน, วาสนา ประภาเลิศ, อัครสิทธิ์ บุญส่องแท้, กัญญ์วรา หล่ายข้าม และ รุ่งทิพย์ กาวารี.....	45
การเปรียบเทียบผลของสารทำงานภายในต่อความร้อนที่มีผลต่อการระบายความร้อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ยุทธนา ศรีอุดม , สังคม สัพโส , ชัยณรงค์ แสนเปา และ วิศิษฐ์ ชัดสาย.....	58

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทความวิจัย	
การตรวจสอบการปลอมปนของน้ำในน้ำกะทิด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรด สเปกโทรสโกปี รวีภัทร ลากเจริญสุข , ธยานนท์ ลั่นวงษา , พันฉาย สันติสกุลวงศ์ และ วุฒิพงษ์ บุตรนนท์.....	73
แบบจำลองสำหรับประมาณค่าปริมาณเมฆจากค่ารังสีอาทิตย์รวมในจังหวัดภูเก็ต สุวิทย์ เพชรห้วยลึก.....	74
การผลิตและสมบัติของข้าวเกรียบปลาจากปลาเล็กปลาน้อย อรัญญา อำไพจิตร และ พรหมภัสสร พรทวีโชคโกคิน.....	95
ปัจจัยที่สัมพันธ์กับการตั้งครรภ์ก่อนวัยของสตรีวัยรุ่นชนเผ่าม้งในพื้นที่ ตำบลรวมไทย พัฒนา อำเภอบพพระ จังหวัดตาก เมธี สุทธศิลป์ ณิชฐิตา วิทยามุ่งมั่น กังปอ เพชรศิริราษฎร์.....	113

ผลของโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารและ
ผลลัพธ์ทางคลินิกของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 คลินิกโรคไต โรงพยาบาลท่าตะโก
Effects of a supportive and educational nursing program on dietary and nutritional
behaviors Clinical outcomes of the elderly with chronic kidney disease stage 3-4 at the
Kidney Disease Clinic, Tha Tako Hospital.

วรรณลักษณ์ สุประดิษฐอาภรณ์
Wannalak Supraditarporn

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi – experimental Research) แบบสองกลุ่มวัดผลก่อนและหลังการทดลอง (two- groups pretest–posttest design) เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารและผลลัพธ์ทางคลินิกของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 คลินิกโรคไต โรงพยาบาลท่าตะโก จำนวน 60 ราย รวบรวมข้อมูลระหว่างวันที่ 11 ตุลาคม 2565 ถึง 2 ธันวาคม 2565 คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มตามคุณสมบัติที่กำหนด และสุ่มเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 30 ราย โดยให้มีลักษณะใกล้เคียงกันในเรื่อง เพศ อายุ รายได้ ระยะเวลาของการเจ็บป่วยด้วยโรคไตเรื้อรัง ระดับค่าอัตราการกรองของไต และระดับค่าความดันโลหิต กลุ่มทดลองได้รับโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยประยุกต์ใช้แนวคิดทฤษฎีการพยาบาลของโอเร็ม (Orem, 2001) โดยใช้ระบบการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ (Educative supportive nursing system) ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการพยาบาลตามปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ คู่มือการดูแลตนเองด้านโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 แบบบันทึกการติดตามต่อเนื่องทางโทรศัพท์ และแบบบันทึกพฤติกรรมการบริโภคอาหารวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา และสถิติอ้างอิงได้แก่ Paired t-test, Independent t-test

ผลการวิจัยพบว่าหลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการบริโภคอาหารสูงขึ้นกว่าก่อนการทดลองและสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ด้านผลลัพธ์ทางคลินิกเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการกรองของไต พบว่าการทำงานของไตของกลุ่มทดลองมีแนวโน้มดีขึ้นมากกว่าก่อนการทดลองและมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการพยาบาลตามปกติ แต่เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($p = 0.10$) สำหรับค่าความดันโลหิตหลังการทดลองกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยความดันโลหิตต่ำกว่าก่อนการทดลองและต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการพยาบาลตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ สามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรม การบริโภคอาหารของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 และส่งผลทำให้แนวโน้มอัตราการกรองของไตเพิ่มขึ้น มีค่าความดันโลหิตอยู่ในเกณฑ์เป้าหมาย ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาคุณภาพการให้บริการในคลินิกโรคไต และเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพระบบการจัดการด้านการสนับสนุนและให้ความรู้เรื่องการบริโภค อาหารเพื่อการชะลอไตเสื่อม โดยมีข้อเสนอแนะควรเพิ่มระยะเวลาติดตามประเมินอัตราการกรองของไตใน ระยะ 4, 8 และ 12 เดือนเพื่อติดตามอัตราการเสื่อมของไตอย่างต่อเนื่อง และควรเพิ่มตัวแปรด้านอื่นๆ เช่น ปริมาณโซเดียมในปัสสาวะ และโปรตีนในปัสสาวะ 24 ชั่วโมงร่วมด้วย เพื่อประเมินผลการควบคุมอาหารโปรตีน และอาหารที่มีเกลือโซเดียมของผู้ป่วย

คำสำคัญ : โปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้, พฤติกรรมการบริโภคอาหาร, ผลลัพธ์ทาง คลินิก

ABSTRACT

This was quasi-experimental research aimed to examine the effects of supportive education nursing programs on food consumption behaviors and clinical outcomes among Chronic Kidney disease elderly stage 3-4, Kidney Clinic, Thatako Hospital. . Level among sixty CKD elderly stage 3-4, who visited the CKD elderly stage 3-4 clinic at Thatako Hospital. Data were collected from 11 October to 02 December 2022. The subjects were purposively selected based on the inclusion criteria and were randomly assigned in equal numbers into experimental and control groups with thirty cases in each group. The similarity between groups in terms of sex, age, income, length of illness with CKD, glomerular filtration rates, and blood pressure level. The subjects in the experimental group received a supportive education nursing program from the researcher. The conceptual model used in this study was Orem's Nursing Theory. While the control group received the usual nursing care. The research instruments consisted of a supportive education nursing program, a handbook of food consumption for CKD elderly stage 3-4, a Demographic Data Recording Form, Food consumption behavior, and clinical outcomes. Data were analyzed using descriptive statistics and inferential statistics by paired-test and independent t-test.

Results revealed that after the intervention, the experimental group had significantly higher mean scores of food consumption behaviors for CKD elderly stage 3-4 than before the intervention and had significantly higher than the control group ($p < 0.05$). For clinical outcomes, and estimated glomerular filtration rates, the experimental group showed a better

filtering rate of the kidney than before the intervention and the control group, but not statistically significant ($p=0.10$) Additionally, the experimental group had significantly lower mean scores of blood pressure than before intervention and had significantly lower than the control group ($p < 0.05$).

The results from this study indicate that the supportive education nursing program could have good effects to increase food consumption behaviors and control clinical outcomes for CKD elderly stage 3-4. It can be used for improving the quality of care in Kidney Clinics and nurses can use this program to guide the care the patients with CKD elderly stage 3-4 to effectively care for food consumption management and a supportive - education system for reducing waste products which will help reduce the decline of kidney function. Therefore, implementation of this program is suggested to improve its effectiveness of this program with monitoring and evaluation of the glomerular filtration rate at 4,8 and 12 months adding add a variable follow-up, such as the amount of sodium in the urine and 24-hour urine protein to assess the effect of the patient's diet, protein and sodium salt diet.

Keywords: supportive education nursing program, food consumption behaviors, clinical outcomes

บทนำ

โรคไตเรื้อรังเป็นโรคที่พบบ่อยและเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญของประเทศเป็นโรคเรื้อรังที่รักษาไม่หายขาด การรักษาเป็นเพียงแบบประคับประคอง เพื่อชะลอการเสื่อมของไตให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (สมาคมโรคไตแห่งประเทศไทย, 2560) ปัจจุบันแนวโน้มคนไทยป่วยเป็นโรคไตเพิ่มขึ้น 15-20% ต่อปีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จำเป็นต้องได้รับการรักษาอย่างต่อเนื่อง จากผลการศึกษาความชุกโรคไตเรื้อรังของโครงการวิจัยการประมาณความชุกของโรคไตเรื้อรังในประชากรไทย (Thai SEEK Project) ซึ่งสมาคมโรคไตแห่งประเทศไทยประมาณการว่ามีผู้ป่วยโรคไตระยะที่ 1-5 มากถึง 8 ล้านคนหรือร้อยละ 17.5 ของประชากรอายุ 15 ปีขึ้นไป เป็นผู้ป่วยระยะที่ 3-5 ร้อยละ 8.6 และระยะที่ 1-2 ร้อยละ 8.9 ผู้ป่วยรายใหม่ที่ต้องได้รับการบำบัดทดแทนไตปีละประมาณ 20,000 คน ซึ่งสาเหตุส่วนใหญ่ของโรคไตเรื้อรัง เกิดจากโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูง นอกจากนี้ยังมีปัจจัยเสี่ยงอื่น เช่น การบริโภคอาหารที่ไม่ถูกต้อง การรับประทานยาไม่เหมาะสม เช่น การใช้ยาแก้ปวดไม่ถูกต้องติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน (สำนักนโยบายยุทธศาสตร์, 2560)

จากข้อมูลทะเบียนผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังในคลินิกโรคไต โรงพยาบาลท่าตะโก (โรงพยาบาลท่าตะโก, 2561-2565) พบแนวโน้มอุบัติการณ์ของโรคเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วปีพ.ศ. 2561-2565 จำนวนผู้ป่วยโรคไต

เรื้อรังระยะ3-4 เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจำนวน 936, 974, 1,014, 1,025, และ1,015 (ต.ค64-ก.ค65) คนตามลำดับ พบมากสุดในวัยสูงอายุ ถึงร้อยละ 84.03 สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดโรคไตเสื่อมเรื้อรัง คือโรคเบาหวาน พบได้ถึงร้อยละ 63.65 รองลงมาเป็นโรคความดันโลหิตสูง พบร้อยละ35.82 การรักษาโรคไตเรื้อรังระยะก่อนการบำบัดทดแทนไตในปัจจุบันจะเน้นการชะลอความเสื่อมของไต เป็นการช่วยประคับประคองการทำหน้าที่ของไต เพื่อให้ไตส่วนที่ยังคืออยู่ความสามารถในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การปรับเปลี่ยนพฤติกรรม การบริโภคอาหารของผู้ป่วยให้ถูกต้องเป็นวิธีหนึ่งที่มีความสำคัญและมีหลักฐานเพียงพอว่าสามารถช่วยชะลอการเสื่อมของไตได้ โดยคำนึงถึงการได้รับโปรตีนและพลังงานอย่างเพียงพอ (ปวีณา,2560) แต่จากการสัมภาษณ์พูดคุยกับผู้ป่วยโดยเฉพาะผู้สูงอายุโรคไตระยะ3-4 ที่มารับบริการตรวจรักษาที่คลินิกโรคไตโรงพยาบาลท่าตะโก จำนวน 10 คน พบว่าผู้ป่วยมากกว่าร้อยละ 80 ขาดความตระหนักในเรื่องการชะลอความเสื่อมของไต ขาดความรู้ และมีพฤติกรรมบริโภคอาหารที่ไม่เหมาะสมจนทำให้ไตเสื่อมเร็วขึ้น การดูแลรักษาจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเน้นการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม ให้ความรู้เพื่อที่จะปรับพฤติกรรมบริโภคอาหารซึ่งมีผลกระทบต่อความรุนแรงของโรค ปัญหาทางด้านอาหารที่พบบ่อยคือการขาดโปรตีนและพลังงาน ซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์กับอัตราการตายที่สูงขึ้น(รัชดา,2557) คลินิกโรคไตโรงพยาบาลท่าตะโก มีกิจกรรมการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม และให้ความรู้แก่ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังทุกราย แต่เมื่อวิเคราะห์การดำเนินงานพบว่ารูปแบบการพยาบาลการช่วยเหลือผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมบริโภคอาหารยังไม่ชัดเจน เป็นเพียงการให้คำแนะนำตามระยะเวลาที่มีจำกัด หลังได้รับการตรวจจากแพทย์โดยพยาบาลประจำคลินิก ส่วนใหญ่จะเป็นวิธีการสื่อสารทางเดียว ผู้ป่วยมีส่วนร่วมในการเรียนรู้น้อย เกิดการท่องจำมากกว่าการเรียนรู้ด้วยตนเอง ขาดการประเมินความพร้อมและความต้องการของผู้ป่วย ส่งผลให้สิ่งที่สอนและคำแนะนำอาจไม่สอดคล้องกับความต้องการและวิถีชีวิตของผู้ป่วย ไม่สามารถนำไปปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง ประกอบกับผู้ป่วยส่วนใหญ่เป็นผู้สูงอายุทำให้มีข้อจำกัดในการเรียนรู้และท่องจำ การจัดกิจกรรมครั้งเดียวและไม่ได้รับการติดตามประเมินผลอย่างต่อเนื่องเป็นระยะ รวมทั้งระยะเวลาที่เปลี่ยนไปทำให้ระดับความรู้ลดลงจากการลืมหรือไม่สามารถจดจำในเรื่องที่สอนได้ทั้งหมด ส่งผลให้ผู้ป่วยมีภาวะพร่องความสามารถในการดูแลตนเอง ไม่สามารถตอบสนองความต้องการการดูแลตนเองทั้งหมดได้

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นชี้ให้เห็นว่าระบบบริการดูแลผู้ป่วยในคลินิกโรคไตเรื้อรังเดิมยังไม่ตอบสนองความต้องการการดูแลตนเองทั้งหมดของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่3-4 ทำให้ไม่สามารถชะลอความเสื่อมของไตได้ ผู้วิจัยในฐานะพยาบาลวิชาชีพที่รับผิดชอบการดูแลผู้ป่วยในคลินิกโรคไต ตระหนักถึงความจำเป็นที่จะต้องมีการวางแผนการพยาบาลที่เน้นความสามารถในการดูแลตนเองในส่วนที่ผู้ป่วยมีความพร้อมคือพฤติกรรมบริโภคอาหาร โดยเลือกใช้วิธีการสอนและแนวคิดที่นำมาออกแบบการสอนให้ผู้ป่วยเกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องมีความคงทนของความรู้ มีการสอนซ้ำและติดตามเป็นระยะเพื่อไม่ให้เกิดการลืม สามารถกระตุ้นให้ผู้ป่วยมีพฤติกรรมดูแลตนเองที่ดีได้ (รัชดา,2557) ซึ่งระบบการพยาบาลที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยกลุ่มนี้ คือระบบการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ เป็นระบบการพยาบาลตามแนวคิดการดูแลตนเองที่โอเร็ม (Orem, 2001) เสนอแนะว่าเหมาะสมสำหรับผู้ป่วยซึ่งมีความสามารถในการดูแลตนเองได้ แต่

อาจขาดความรู้ ทักษะที่จำเป็น และไม่สามารถพิจารณาตัดสินใจระทำการดูแลตนเองได้เป็นระบบ การช่วยเหลือของพยาบาลภายใต้ระบบดังกล่าวคือ การให้การช่วยเหลือทั้งแบบการสอน การชี้แนะ การสนับสนุน และการสร้างสิ่งแวดล้อมเพื่อช่วยส่งเสริมความสามารถในการดูแลตนเองทั้งหมดของผู้ป่วยให้เพิ่มขึ้น และจากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา พบว่าการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้มีผลต่อความรู้และพฤติกรรม การดูแลตนเองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยการเรียนรู้ถึงโรคและเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคของผู้ป่วยให้ถูกต้อง เป็นวิธีหนึ่งที่มีหลักฐานเพียงพอว่าสามารถช่วยผู้ป่วยชะลอความเสื่อมของไตได้ การบริโภคอาหารโปรตีน เกลือแร่ และน้ำอย่างถูกต้องจะช่วยให้ไตไม่ต้องทำหน้าที่มากเกินไป สามารถช่วยชะลอการเสื่อมของไต (จุฬาลักษณ์, 2563)

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้นำระบบการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้มาสร้างเป็นโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ต่อพฤติกรรมกรบริโภคอาหารและผลลัพธ์ทางคลินิกของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 เพื่อเพิ่มความสามารถในการดูแลตนเอง และตอบสนองการดูแลตนเองทั้งหมดในระยะยาว และเมื่อผู้ป่วยได้พัฒนาความสามารถในการดูแลตนเองเกี่ยวกับการรับประทานอาหารและตอบสนองความต้องการในการดูแลตนเองอย่างเพียงพอ ผู้ป่วยจะมีพฤติกรรมดูแลตนเองเกี่ยวกับการรับประทานอาหารดีขึ้น สามารถควบคุมความดันโลหิตให้อยู่ในเกณฑ์ปกติได้ ซึ่งจะส่งผลให้อัตราการกรองของไตดีขึ้น ช่วยชะลอการเสื่อมของไต ชะลอการดำเนินของโรค ช่วยยืดระยะเวลาการทำบำบัดทดแทนไตออกไปให้นานที่สุด ตลอดจนช่วยให้ผู้ป่วยมีคุณภาพชีวิตที่ดีและช่วยป้องกันภาวะขาดสารอาหารในผู้ป่วยกลุ่มนี้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของพฤติกรรมกรบริโภคอาหารและผลลัพธ์ทางคลินิกได้แก่ อัตราการกรองของไต ค่าระดับความดันโลหิต ของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่3-4 ก่อนและหลังการได้รับโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้
2. เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของพฤติกรรมกรบริโภคอาหารและผลลัพธ์ทางคลินิกได้แก่ อัตราการกรองของไต ค่าระดับความดันโลหิต ของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่3-4 หลังการทดลองระหว่างกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้กับกลุ่มที่ได้รับการพยาบาลตามปกติ

สมมติฐานการวิจัย

- 1.คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมกรบริโภคอาหารของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่3-4 ภายหลังได้รับโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้สูงกว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรม
- 2.คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมกรบริโภคอาหารของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่3-4 ภายหลังได้รับโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการพยาบาลตามปกติ

3. ค่าเฉลี่ยอัตราการกรองของไต (eGFR) ผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 ภายหลังได้รับโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้สูงกว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรมและสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการพยาบาลตามปกติ

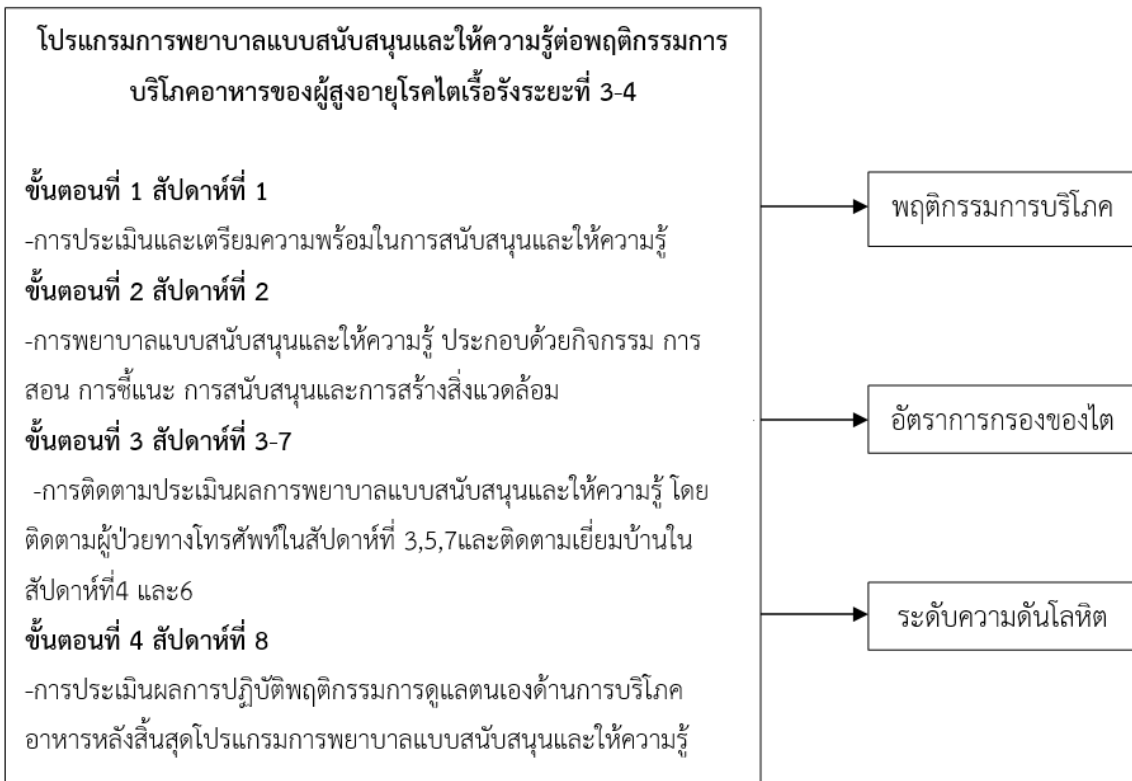
4. ค่าเฉลี่ยของความดันโลหิตของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 ภายหลังได้รับโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ต่ำกว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรมและต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับการพยาบาลตามปกติ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้วิจัยประยุกต์ใช้แนวคิดระบบการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ (Educative supportive nursing system) ตามทฤษฎีการพยาบาลของโอเร็ม ร่วมกับการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการบริโภคอาหารในผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 มาเป็นกรอบแนวคิด ซึ่งโอเร็มกล่าวว่า ความสามารถในการดูแลตนเองเป็นมโนคติที่กล่าวถึงคุณภาพอันซับซ้อนของบุคคลที่จะสร้างหรือพัฒนาการดูแลตนเอง ซึ่งความสามารถในการดูแลตนเองประกอบด้วย 1) ความสามารถด้านการคาดการณ์ เพื่อตรวจสอบสถานการณ์องค์ประกอบของตนเองและสิ่งแวดล้อมประกอบเพื่อการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพ 2) การปรับเปลี่ยนความสามารถในการตัดสินใจเกี่ยวกับสิ่งที่ควรจะทำเพื่อตอบสนองต่อความต้องการในการดูแลตนเองที่จำเป็น และ 3) การลงมือปฏิบัติ เป็นความสามารถในการปฏิบัติหรือทำกิจกรรม หรือพฤติกรรมเพื่อสนองตอบต่อความต้องการการดูแลตนเองที่จำเป็น อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าบุคคลจะมีความสามารถในการดูแลตนเอง แต่สถานการณ์บางอย่าง เช่นความเจ็บป่วยทำให้บุคคลมีความสามารถในการดูแลตนเองลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรัง ประกอบกับความเสื่อมของวัยทำให้มีข้อจำกัดในการดูแลตนเอง จากการทบทวนในคลินิกโรคไต พบผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังส่วนใหญ่ มีความพร่องของความสามารถในการดูแลตนเองโดยเฉพาะพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่ไม่เหมาะสมจนทำให้ไตเสื่อมเร็วขึ้นซึ่งการบริโภคอาหารเป็นปัจจัยด้านพฤติกรรมที่มีความสำคัญในการช่วยชะลอความเสื่อมของไต ดังนั้นผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังจำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนและได้รับความรู้ที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มศักยภาพในการพัฒนาความสามารถในการดูแลตนเองด้านการบริโภคอาหารให้ถูกต้องเหมาะสมความต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำระบบการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้มาประยุกต์ในการพัฒนาโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารที่ถูกต้องเหมาะสมกับโรค ซึ่งเป็นวิธีการพยาบาล 1 ใน 3 ของระบบการพยาบาลของโอเร็ม ที่เสนอแนะไว้ว่าเหมาะสมสำหรับผู้ป่วยที่ยังมีความสามารถดูแลตนเองได้ แต่ก็ยังไม่เพียงพอที่จะตอบสนองความต้องการการดูแลตนเองทั้งหมด ซึ่งผู้ป่วยต้องการการพยาบาลเพื่อช่วยปรับพฤติกรรมการบริโภคอาหารให้ถูกต้องและเพียงพอในการชะลอความเสื่อมของไต โดยการช่วยเหลือของพยาบาลภายใต้ระบบดังกล่าวประกอบด้วยวิธีการช่วยเหลือ 4 วิธี คือ การสอน การชี้แนะ การสนับสนุน และการสร้างสิ่งแวดล้อมที่สอดคล้องกับวิถีชีวิตของผู้ป่วยซึ่งเมื่อผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังได้รับโปรแกรมนี้อแล้ว จะทำให้เกิดการเรียนรู้ในการดูแลตนเองและช่วยให้เข้าใจการกระทำมากขึ้น รวมทั้งยังเป็นการส่งเสริมให้สามารถตัดสินใจเลือกวิธีการดูแลตนเองด้านพฤติกรรมการบริโภคอาหารได้อย่างเหมาะสม ทำให้มีพฤติกรรมการบริโภคอาหาร

ที่ถูกต้อง ส่งผลให้ผลลัพธ์ทางคลินิก ที่ประกอบด้วยค่าอัตราการกรองของไต (eGFR) เพิ่มขึ้น และระดับค่าความดันโลหิตไม่เกิน 130/80 mmHg ซึ่งจะช่วยเหลือความเสี่ยงของไตและคงไว้ซึ่งภาวะสุขภาพที่ดีอย่างยั่งยืน โดยโปรแกรมประกอบด้วย 4 ขั้นตอน

1) การประเมินและเตรียมความพร้อมในการสนับสนุนและให้ความรู้ 2)การพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ ประกอบด้วยกิจกรรม การสอน การชี้แนะ การสนับสนุนและการสร้างสิ่งแวดล้อม สิ่งแวดล้อม 3) การติดตามประเมินผลการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ 4)การประเมินผลการปฏิบัติพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านการบริโภคอาหารหลังสิ้นสุดโปรแกรม เขียนเป็นกรอบแนวคิดได้ดังนี้



วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (quasi-experimental research) แบบสองกลุ่มวัดผลก่อนและหลังการทดลอง(two- groups pretest-posttest design) กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะ3-4 ที่มารับบริการตรวจรักษาที่คลินิกโรคไต โรงพยาบาลท่าตะโก จำนวน 60 ราย คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างจากการสุ่มเวรระเบียบวิธีวิธีการจับฉลากแบบไม่ใส่คืนที่(Sampling without Replacement) ตามเกณฑ์ที่กำหนด จากนั้นสุ่มอย่างง่ายเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 30 ราย โดยให้มีคุณลักษณะใกล้เคียงกันในเรื่อง เพศ อายุ รายได้ ระยะเวลาของการเจ็บป่วยด้วยโรคไตเรื้อรัง ระดับค่าอัตราการกรองของไต และระดับค่าความดันโลหิต ระยะเวลาดำเนินการ 8 สัปดาห์ ตั้งแต่เดือนตุลาคม- เดือนธันวาคม 2565

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยประกอบ

ด้วยโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยประยุกต์ตามแนวคิดการดูแลตนเองของโอเร็ม (Orem, 2001) โดยเลือกระบบการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ ร่วมกับการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง คู่มือการดูแลตนเองด้านโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่3-4 แบบบันทึกการติดตามต่อเนื่องทางโทรศัพท์ และแบบบันทึกการบริโภคอาหาร

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

ส่วนที่1 แบบบันทึกข้อมูลส่วนบุคคล ลักษณะเป็นข้อคำถามแบบเลือกตอบและแบบเติมข้อความลงในช่องว่าง จำนวน 19 ข้อ

ส่วนที่2 แบบประเมินพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่3-4ผู้วิจัยพัฒนาปรับปรุงจากแบบสอบถามพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารของศิริลักษณ์ น้อยปาน (2556) ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 25 ข้อลักษณะเป็นปลายปิด ใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ การให้คะแนนรายข้อขึ้นอยู่กับระดับความถี่ในการปฏิบัติพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่3-4

ส่วนที่ 3 เครื่องมือทางการแพทย์ที่ตรวจวัดผลลัพธ์ทางคลินิก

3.1 เครื่องตรวจและอ่านผลอัตราการกรองของไต ซึ่งวัดและอ่านผลด้วยวิธี enzymatic method ด้วยการนำเลือดของผู้ป่วยจำนวน 2 ซีซี มาปั่นแยกน้ำเหลืองและทำการตรวจวิเคราะห์โดยใช้ชุดน้ำยาสำเร็จรูปชุดมาตรฐานและสารควบคุมคุณภาพของบริษัท อี ฟอร์แอล เอ็ม จำกัด ทำการตรวจวิเคราะห์สารเคมีในเลือดด้วยเครื่องอัตโนมัติ รุ่น Siemem EXL 200 สอบเทียบคุณภาพปีละ 1 ครั้ง ผ่านการรับรองคุณภาพงานเทคนิคการแพทย์ (LA) จากสภาเทคนิคการแพทย์

3.2 เครื่องวัดระดับความดันโลหิตแบบปรอท (sphygmomanometer) ยี่ห้อ Riester รุ่นNova จากประเทศเยอรมันนี้ ได้รับมาตรฐาน ISO และ CE สอบเทียบคุณภาพปีละ 1 ครั้งโดยกลุ่มมาตรฐานวิศวกรรมทางการแพทย์ ผ่านการรับรองคุณภาพตามมาตรฐานระบบบริการสุขภาพของกรมสนับสนุนบริการสุขภาพ

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

1.โปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ คู่มือการดูแลตนเองด้านโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่3-4 แบบบันทึกการติดตามต่อเนื่องทางโทรศัพท์ และแบบบันทึกการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่3-4 นำไปตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน3ท่านเพื่อพิจารณาความถูกต้อง ความเหมาะสมของภาษา และการจัดลำดับเนื้อหา ดำเนินการแก้ไขตามคำแนะนำ และนำผลการพิจารณามาคำนวณหาค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา(CVI: Content Validity Index) ได้ค่าความตรงเชิงเนื้อหา เท่ากับ 0.86 จากนั้นนำไปทดลองใช้กับผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่3-4 ที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน ผลการทดลองใช้โปรแกรมดังกล่าว พบว่าผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรัง ให้ความสนใจ

ร่วมมือในทุกกิจกรรม มีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเรื่องการเลือกรับประทานอาหารที่เหมาะสมเฉพาะโรค สามารถบันทึกพฤติกรรมการบริโภคอาหารตามแบบบันทึกการประเมินตนเองได้อย่างถูกต้อง และสามารถวางแผนการปฏิบัติตนเองเพื่อให้เกิดพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่ถูกต้องเหมาะสมในการชะลอภาวะไตเสื่อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.แบบประเมินพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่3-4 ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา(content validity) โดยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านการศึกษาดูแลผู้ป่วยโรคไต จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของเนื้อหา ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และพิจารณาสำนวนภาษา ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะ ปรับปรุงแก้ไขและนำผลการพิจารณามาคำนวณหาค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา(CVI: Content Validity Index) ได้ค่าความตรงเชิงเนื้อหา เท่ากับ 0.80 ผู้วิจัยนำแบบสอบถามชุดนี้ไปทดลองใช้กับผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่3-4 ที่ลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่าง ที่มารับบริการที่คลินิกโรคไต โรงพยาบาลท่าตะโก จำนวน 30 ราย เพื่อทดสอบความเชื่อมั่น (Reliability) ด้วยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.82

3.เครื่องตรวจและอ่านผลอัตราการกรองของไต สอบเทียบคุณภาพตามมาตรฐานทุกวันๆละ 1 ครั้ง โดยนักเทคนิคการแพทย์ของโรงพยาบาล มีการบันทึกวันที่รับการตรวจสอบเป็นลายลักษณ์อักษร ควบคุมมาตรฐานการตรวจตามคู่มือของบริษัทผู้ผลิต มีข้อมูลและคำแนะนำขั้นตอนการใช้เครื่องอย่างชัดเจน ได้รับการรับรองคุณภาพงานเทคนิคการแพทย์ (LA) จากสภาเทคนิคการแพทย์ การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ใช้เครื่องตรวจเครื่องเดียวกันและผู้ตรวจทางห้องปฏิบัติการคนเดียวกันตลอดโครงการวิจัย

4.เครื่องวัดความดันโลหิต ผ่านการตรวจสอบคุณภาพการใช้งานของเครื่องจากศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์นครสวรรค์ วัดความเที่ยงของเครื่องมือโดยใช้วิธีหาความเท่าเทียมกันของการวัด(interrater reliability) โดยผู้ช่วยวิจัยจะทำการวัดระดับความดันโลหิตเปรียบเทียบกับพยาบาลประจำคลินิกโรคไต จำนวน 3 ครั้งเพื่อดูความเที่ยงของการวัด โดยคำนวณจากจำนวนครั้งในการวัดถูกต้องหารด้วยจำนวนครั้งในการวัดที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง ค่าที่ได้ต้องมากกว่า0.80 ขึ้นไป (Polit & Beck, 2012) หลังการหาความเท่าเทียม(interrater reliability) มีค่าเท่ากับ 0.83 และใช้เทคนิคการป้องกันอคติจากการวัดโดยวิธีปกปิด (blind technique) โดยผู้ตรวจวัดไม่ทราบว่าเป็นผู้ป่วยแต่ละรายอยู่ในกลุ่มควบคุมหรือกลุ่มทดลอง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองภายหลังผ่านการพิจารณาของคณะกรรมการจริยธรรมวิจัยในคน จังหวัดนครสวรรค์ และได้ทำการพิทักษ์สิทธิแก่กลุ่มตัวอย่าง แล้วจึงเริ่มดำเนินการทดลองตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2565 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2565 จำนวน 8 สัปดาห์ ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลองโดยใช้แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล และ แบบประเมินพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่

3-4 ครั้งที่1 พร้อมทั้งตรวจระดับค่าอัตราการกรองของไต (eGFR) และวัดระดับความดันโลหิตทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มทดลอง

ผู้วิจัยดำเนินการกิจกรรมในผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่3-4 เป็นรายบุคคลและรายกลุ่มตามโปรแกรมประกอบด้วย 4 ขั้นตอน

1.การประเมินและเตรียมความพร้อมในการสนับสนุนและให้ความรู้ ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์การวิจัย รายละเอียด ระยะเวลา ขั้นตอนการดำเนินการตามโปรแกรม การตอบแบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล แบบประเมินพฤติกรรมการบริโภคอาหาร พร้อมทั้งเจาะเลือดวัดระดับค่าอัตราการกรองของไต (eGFR)และวัดระดับความดันโลหิต ในสัปดาห์ที่1 ผู้วิจัยวิเคราะห์พฤติกรรมการบริโภคอาหารจากแบบประเมิน และแบ่งผู้ป่วยเป็น 5 กลุ่ม พุดคุยแลกเปลี่ยนแบบแผนการดำเนินชีวิต ความเชื่อ ทศนคติ ที่ส่งผลต่อปัญหาด้านการบริโภคอาหาร และนำมาวางแผนการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ในขั้นตอนต่อไป

2.การพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ ประกอบด้วยกิจกรรมการสอน การชี้แนะ การสนับสนุนและการสร้างสิ่งแวดล้อม เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยดำเนินการเป็นรายกลุ่มย่อย จำนวน5 กลุ่ม โดยการให้ความรู้เรื่องโรคไต วิธีการชะลอไตเสื่อม อาหารแลกเปลี่ยน สาธิตเรื่องสัดส่วนอาหารการตวงปริมาณอาหาร เครื่องปรุงรส โดยใช้แบบจำลองอาหารและคู่มือการดูแลตนเองด้านโภชนาการของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะ3-4 สาธิตและฝึกการบันทึกพฤติกรรมการรับประทานอาหาร ดำเนินกิจกรรมชี้แนะเป็นรายบุคคลจากปัญหาการบริโภคอาหารที่วิเคราะห์ได้จากขั้นตอนที่1 วางแผนการพยาบาลร่วมกันเพื่อให้สามารถนำไปปฏิบัติได้จริงที่บ้านเป็นเวลา 5 สัปดาห์ จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการสนับสนุน โดยการพุดคุยให้กำลังใจ สนับสนุนให้เกิดการปฏิบัติพฤติกรรมการบริโภคอาหารตามที่วางแผนไว้ร่วมกันอย่างต่อเนื่อง พร้อมทั้งมอบคู่มือและแบบบันทึกพฤติกรรมการบริโภคอาหารให้กับผู้ป่วยทุกราย และกิจกรรมสร้างสิ่งแวดล้อม ผู้วิจัยสอนและเน้นย้ำผู้ป่วยถึงสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมการดูแลตนเองด้านการบริโภคอาหารที่เหมาะสม เน้นการปรุงอาหารด้วยตนเอง อุปกรณ์ในการชั่งตวงปริมาณอาหาร เครื่องปรุงรส พร้อมทั้งติดตามเยี่ยมผู้ป่วยที่บ้านให้ความรู้เพิ่มเติมกับครอบครัวเป็นการสร้างสิ่งแวดล้อมที่เอื้อให้ผู้ป่วยสามารถดูแลตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

3.การติดตามประเมินผลการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ ในขั้นตอนนี้ผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่3-4 จะนำความรู้และทักษะที่ได้จากขั้นตอนที่2 ไปปฏิบัติพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านการบริโภคอาหารอย่างต่อเนื่องที่บ้าน เพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคอาหารของตนเองให้ถูกต้องโดยบันทึกในแบบบันทึกพฤติกรรมการบริโภคอาหาร ผู้วิจัยจะติดตามประเมินผลการปฏิบัติพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่3-4ทางโทรศัพท์ตามแบบบันทึกการดูแลต่อเนื่อง ในสัปดาห์ที่ 3,5 และ 7เป็นรายบุคคล ให้กำลังใจ และตอบข้อซักถามให้ความรู้เพิ่มเติมเพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน ใช้ระยะเวลาต่อครั้งประมาณ 10-15 นาที และในสัปดาห์ที่4 และ6 ผู้วิจัยจะลงติดตามเยี่ยมบ้านใช้ระยะเวลาต่อครั้ง ประมาณ 45-60 นาทีเพื่อติดตามความก้าวหน้าในการปฏิบัติพฤติกรรมการบริโภคอาหาร ปัญหาอุปสรรคในการควบคุม

อาหาร ให้การชี้แนะในการแก้ไขปัญหาลดอุปสรรค และสร้างสิ่งแวดล้อมที่บ้านโดยการสอน ชี้แนะครอบครัว / ผู้ดูแลที่ประกอบอาหารให้ผู้ป่วย การจัดหาอุปกรณ์ตวงวัดปริมาณอาหาร พร้อมทั้งให้กำลังใจ เสริมแรงให้ผู้ป่วยเกิดแรงจูงใจในการปฏิบัติพฤติกรรมดูแลตนเอง และการควบคุมอาหารอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ

4.การประเมินผลการปฏิบัติพฤติกรรมดูแลตนเองด้านการบริโภคอาหารหลังสิ้นสุดโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ เป็นระยะติดตามและประเมินผลโดยผู้วิจัยพบผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่3-4 เป็นรายกลุ่มใหญ่ที่คลินิกโรคไต โรงพยาบาลท่าตะโก ใช้เวลา60-90 นาทีเพื่อประเมินผลหลังสิ้นสุดโปรแกรม แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันแสดงความคิดเห็น ความพึงพอใจ และข้อเสนอแนะจากการเข้าร่วมโปรแกรม ผู้วิจัยสรุปภาพรวมของโปรแกรมและประโยชน์ที่ได้รับจากการเข้าร่วมโปรแกรมที่ส่งผลต่อการชะลอไตเสื่อม และให้ผู้ป่วยทำแบบประเมินพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารครั้งที่2 เจาะเลือดเพื่อวัดค่าอัตราการกรองของไต(eGFR) และวัดความดันโลหิต ครั้งที่ 2

กลุ่มควบคุม

ได้รับการพยาบาลตามปกติจากพยาบาลประจำคลินิกโรคไต ในวันที่ผู้ป่วยมาพบแพทย์ตามนัดเป็นรายบุคคล ซึ่งกิจกรรมประกอบด้วย การให้ความรู้ ให้คำปรึกษา และคำแนะนำในเรื่องโรค การปฏิบัติตัวในการชะลอไตเสื่อม เช่นการบริโภคอาหาร การใช้ยา การดูแลตามอาการและอาการแสดงทางกายยา และการมาตรวจตามนัด การตอบแบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล แบบประเมินพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหาร พร้อมทั้งเจาะเลือดวัดระดับค่าอัตราการกรองของไต (eGFR)และวัดระดับความดันโลหิต ในสัปดาห์ที่ 1 และ 8

การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ประกอบด้วย การแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์เปรียบเทียบพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหาร และค่าผลลัพธ์ทางคลินิก ด้วยการทดสอบค่าที (t-test) ด้วยสถิติ Paired t-test, Independent t-test

ผลการวิจัย

1.ลักษณะของกลุ่มตัวอย่างในกลุ่มทดลองมีอายุส่วนใหญ่ระหว่าง70-79ปี ร้อยละ60 โดยอายุเฉลี่ย 71 ปี (S.D.=5.47) เป็นเพศหญิงร้อยละ66.7 อาชีพส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรร้อยละ43.3 การศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษาร้อยละ83.3 สถานภาพสมรส ร้อยละ63.3 รายได้ต่อเดือนน้อยกว่า 5,000 บาท ร้อยละ56.7 คิดเป็นรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 5,423.33 บาท (S.D.=3674.11) พบว่ารายได้ต่อเดือนไม่เพียงพอร้อยละ50.00 สถานที่พักอาศัยส่วนใหญ่ร้อยละ83.3 เป็นบ้านของตนเอง อาศัยอยู่ร่วมกับภรรยา/สามี ร้อยละ56.7 มีภรรยา/สามีเป็นผู้ดูแลหลักร้อยละ50 กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ร้อยละ43.3เป็นผู้ประกอบอาหารเอง และร้อยละ93.3 เคยได้รับข้อมูลความรู้เรื่องการบริโภคอาหารสำหรับโรคไตเรื้อรัง และไม่มีประวัติการแพ้อาหารอื่นใดร้อยละ

93.3 ระหว่างการรักษาโรคไตเรื้อรังไม่พบว่ามีอาการรับประทานยา อาหารเสริม หรือสมุนไพรอื่น ๆ นอกเหนือจากการรักษาของโรงพยาบาล ร้อยละ 86.7 และส่วนใหญ่เป็นผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3 ร้อยละ 70 ระยะเวลาการเจ็บป่วยมากกว่า 8 ปี ร้อยละ 40 โดยมีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาเจ็บป่วย 7.2 ปี (S.D.=2.97) มีโรคร่วมเบาหวานและความดันโลหิตสูง ร้อยละ 63.3 อัตราการกรองของไตอยู่ระยะ 3b(30-44) ร้อยละ 40 โดยมีค่าเฉลี่ยอัตราการกรองของไต 39.47 (S.D.=8.13) ระดับความดันโลหิตซิสโตลิก 140-159 ร้อยละ 66.7 โดยมีค่าเฉลี่ยระดับความดันโลหิตซิสโตลิก 142.33 (S.D.=4.27) และระดับความดันโลหิตไดแอสโตลิกน้อยกว่า 85 ร้อยละ 56.7 โดยมีค่าเฉลี่ยระดับความดันโลหิตไดแอสโตลิก 82.70 (S.D.=6.33)

ในกลุ่มควบคุมอายุส่วนใหญ่ระหว่าง 70-79 ปี ร้อยละ 60 โดยอายุเฉลี่ย 70.66 ปี (S.D.=5.46) เป็นเพศหญิง ร้อยละ 66.7 อาชีพส่วนใหญ่เป็นเกษตรกร ร้อยละ 46.7 การศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษา ร้อยละ 86.7 สถานภาพสมรส ร้อยละ 56.7 รายได้ต่อเดือนของอยู่ระหว่าง 5,000-10,000 บาท ร้อยละ 60 คิดเป็นรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 5,236.66 บาท (S.D.=3101.99) พบว่ารายได้ต่อเดือนเพียงพอแต่ไม่มีเก็บ ร้อยละ 63.3

สถานที่พักอาศัยส่วนใหญ่ ร้อยละ 76.7 เป็นบ้านของตนเอง อาศัยอยู่ร่วมกับบุตร/หลาน ร้อยละ 43.3 มีบุตร/หลาน เป็นผู้ดูแลหลัก ร้อยละ 56.7 กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ ร้อยละ 43.3 เป็นผู้ประกอบอาหารเอง และ ร้อยละ 90 เคยได้รับข้อมูลความรู้เรื่องการบริโภคอาหารสำหรับโรคไตเรื้อรัง และไม่มีประวัติการแพ้อาหารอื่นใด ร้อยละ 96.7 ระหว่างการรักษาโรคไตเรื้อรังไม่พบว่ามีอาการรับประทานยา อาหารเสริม หรือสมุนไพรอื่น ๆ นอกเหนือจากการรักษาของโรงพยาบาล ร้อยละ 90 และส่วนใหญ่เป็นผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3 ร้อยละ 73.3 ระยะเวลาการเจ็บป่วยมากกว่า 8 ปี ร้อยละ 43.3 โดยมีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาเจ็บป่วย 7.7 ปี (S.D.=2.76) มีโรคร่วมเบาหวานและความดันโลหิตสูง ร้อยละ 56.7 อัตราการกรองของไตอยู่ระยะ 3b(30-44) ร้อยละ 40 โดยมีค่าเฉลี่ยอัตราการกรองของไต 39.73 (S.D.=8.45) ระดับความดันโลหิตซิสโตลิก 140-159 ร้อยละ 66.7 โดยมีค่าเฉลี่ยระดับความดันโลหิตซิสโตลิก 141.10 (S.D.=3.69) และระดับความดันโลหิตไดแอสโตลิกน้อยกว่า 85 ร้อยละ 66.7 โดยมีค่าเฉลี่ยระดับความดันโลหิตไดแอสโตลิก 80.83 (S.D.=7.68)

2. เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหาร อัตราการกรองของไต ระดับความดันโลหิต ของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 ก่อนและหลังการได้รับโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้โดยใช้สถิติ paired t-test พบว่า ภายหลังจากทดลองกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหาร สูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าอัตราการกรองของไตหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีค่าเฉลี่ยระดับความดันโลหิตซิสโตลิก และค่าเฉลี่ยความดันโลหิตไดแอสโตลิก ต่ำกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ตามลำดับ ส่วนกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารในระยะก่อนและหลังการทดลองไม่แตกต่างกัน ตมมีค่าอัตราการกรองไตในระยะก่อนและหลังการทดลองไม่แตกต่างกัน และมีค่าเฉลี่ยระดับความดันโลหิตซิสโตลิก และค่าเฉลี่ยความดันโลหิตไดแอสโตลิกไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการบริโภคอาหาร อัตราการกรองของไต ระดับความดันโลหิต ของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่3-4 ก่อนและหลังการได้รับโปรแกรมการพยาบาลแบบ สนับสนุนและให้ความรู้ (N=30)

ตัวแปร	ก่อนทดลอง		หลังทดลอง		t	df	p-value
	\bar{X}	S.D	\bar{X}	S.D			
พฤติกรรมการบริโภคอาหาร							
กลุ่มควบคุม (n=30)	70.93	3.58	69.17	3.97	1.771	29	0.87
กลุ่มทดลอง (n=30)	69.90	5.32	82.17	4.27	-13.338	29	0.000*
อัตราการกรองของไต							
กลุ่มควบคุม (n=30)	39.73	8.45	39.20	8.42	1.787	29	0.084
กลุ่มทดลอง (n=30)	39.47	8.14	42.83	8.43	-10.412	29	0.000*
ความดันโลหิตซิสโตลิก							
กลุ่มควบคุม (n=30)	141.10	3.69	139.06	7.31	1.274	29	0.213
กลุ่มทดลอง (n=30)	142.33	4.27	127.90	3.06	20.839	29	0.000*
ความดันโลหิตไดแอสโตลิก							
กลุ่มควบคุม (n=30)	80.83	7.68	107.97	166.00	-895	29	0.378
กลุ่มทดลอง (n=30)	82.70	6.33	73.70	7.17	6.36	29	0.000*

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

3.เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการบริโภคอาหาร อัตราการกรองของไต ระดับความดันโลหิต ภายหลังจากทดลองระหว่างกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้กับกลุ่มที่ได้รับการพยาบาลตามปกติ โดยใช้ Independent t-test พบว่า ภายหลังจากทดลอง กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการบริโภคอาหารสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 อัตราการกรองของไตหลังการทดลอง พบว่ากลุ่มทดลอง มีแนวโน้มดีขึ้น ($\bar{X}=42.83, S.D=8.43$) มากกว่ากลุ่มควบคุม ($\bar{X}=39.20, S.D=8.47$) แต่เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 และกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยระดับความดันโลหิตซิสโตลิก และค่าเฉลี่ยความดันโลหิตไดแอสโตลิกต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการบริโภคอาหาร อัตราการกรองของไต ระดับความดันโลหิต ภายหลังจากทดลองระหว่างกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้กับกลุ่มที่ได้รับการพยาบาลตามปกติ (N=30)

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (n=30)		กลุ่มทดลอง (n=30)		t	df	p-value
	\bar{X}	S.D	\bar{X}	S.D			
พฤติกรรมการบริโภคอาหาร	69.17	3.97	82.17	4.27	12.197	58	0.000*
อัตราการกรองของไต	39.20	8.42	42.83	8.43	1.670	58	0.100
ความดันโลหิตซิสโตลิก	139.07	7.31	127.90	3.05	-7.719	58	0.000*
ความดันโลหิตไดแอสโตลิก	77.97	7.59	73.70	7.17	-2.239	58	0.029*

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

การอภิปรายผล

1.เปรียบเทียบพฤติกรรมการบริโภคอาหาร

ภายหลังจากทดลอง กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนพฤติกรรมการบริโภคอาหารสูงกว่าก่อนการทดลองและสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เป็นไปตามสมมติฐาน ทั้งนี้สามารถอธิบายได้ว่าเป็นผลจากโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ที่มืองค์ประกอบ 4 ขั้นตอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยใช้แนวคิดระบบการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ ตามทฤษฎีการพยาบาลของโอเร็ม (Orem, 2001) ซึ่งตัวโปรแกรมมีลักษณะที่สำคัญคือมีการสนับสนุนความรู้หลายรูปแบบที่เอื้อต่อการเพิ่มศักยภาพในการดูแลตนเองด้านการบริโภคอาหาร ได้แก่ การสอน การชี้แนะ การสนับสนุน และการสร้างสิ่งแวดล้อมโดยผู้วิจัยใช้เทคนิคการสอนที่

เน้นการพูดคุยข้อมูลความรู้ที่กลุ่มตัวอย่างมีความพร้อมในประเด็นนั้นๆ มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ผ่านกิจกรรมโดยใช้สื่อวีดิทัศน์ การใช้โมเดลอาหาร ซึ่งการมีปฏิสัมพันธ์ที่ตีรวมกับการสนับสนุนข้อมูลโดยการสอนทำให้เกิดการเพิ่มความสามารในการดูแลตนเอง และจากการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ประสบการณ์ระหว่างกัน กลุ่มทดลองได้มีโอกาสทบทวนความรู้เรื่องโรคไตที่เคยได้รับมาก่อน มีโอกาสซักถามและได้รับความรู้เพิ่มเติมโดยเฉพาะในส่วนที่ยังมีความเข้าใจไม่ถูกต้อง ส่งผลให้กลุ่มทดลองมีการรับรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับโรคไตเรื้อรังเพิ่มมากขึ้น เกิดความตระหนักและเห็นถึงความสำคัญของการชะลอความเสื่อมของไต นอกจากนี้ตัวโปรแกรมยังมีกิจกรรมการชี้แนะซึ่งเป็นกระบวนการที่ให้ความรู้ที่เฉพาะเป็นรายบุคคล โดยผู้วิจัยใช้เทคนิคการให้คำปรึกษาร่วมกับการสาธิต ฝึกทักษะการปฏิบัติซึ่งในกระบวนการชี้แนะรายบุคคล กลุ่มทดลองสามารถซักถามข้อมูลและปัญหาในการปฏิบัติตัวด้านการบริโภคอาหารของตนเองได้ และผู้สอนได้มีโอกาสชี้แจง แนะนำแก้ปัญหาได้ดีกว่าวิธีอื่นๆ เนื่องจากได้มีโอกาสสร้างความคุ้นเคยและเป็นกันเองกับกลุ่มทดลอง ทั้งยังได้มองเห็นปฏิกิริยา ความรู้สึกของกลุ่มทดลอง สามารถกระตุ้นให้กลุ่มทดลองมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม กลุ่มทดลองมีความเข้าใจเนื้อหาสาระที่ได้จากการสอน จากการลงมือปฏิบัติจริง ทำให้มีทักษะเพิ่มขึ้นทั้งทางด้านการตวงปริมาณอาหาร การเลือกอาหารที่เหมาะสมกับโรคไตเรื้อรัง ภายใต้การช่วยเหลือ สนับสนุน ให้กำลังใจของผู้วิจัย ทำให้กลุ่มทดลองเกิดความมุ่งมั่นและมีความมั่นใจในการปฏิบัติมากขึ้น รวมทั้งการทบทวนความรู้จากคู่มือที่ได้รับ ทำให้กลุ่มทดลองเห็นรายละเอียดของเนื้อหาชัดเจนขึ้น เมื่อมีข้อสงสัยสามารถค้นคว้าหาคำตอบได้ และนำมาปรับใช้กับตนเองอย่างเหมาะสม ในโปรแกรมผู้วิจัยได้ใช้กิจกรรมการสนับสนุนร่วมกับการชี้แนะ โดยการติดตามทางโทรศัพท์ในสัปดาห์ที่ 3,5,7 และติดตามเยี่ยมบ้านร่วมด้วยใน สัปดาห์ที่ 4 และ 6 เพื่อช่วยเหลือ ให้คำแนะนำแก่กลุ่มทดลองในการแก้ไขปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้นในการปฏิบัติพฤติกรรมดูแลตนเองด้านการบริโภคอาหารที่บ้าน เพื่อเป็นการส่งเสริมความพยายามให้กลุ่มทดลองสามารถปฏิบัติกิจกรรมได้ต่อเนื่อง ป้องกันไม่ให้เกิดความล้มเหลว โดยเพิ่มเติมกิจกรรมการสร้างสิ่งแวดล้อมที่บ้าน โดยการสอน ชี้แนะครอบครัวหรือผู้ดูแลที่ประกอบอาหารให้กลุ่มทดลอง เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องร่วมกัน เช่นการจัดห้องครัวเพื่อลดเครื่องปรุงอาหารที่ไม่เหมาะสมกับโรค ภายใต้การให้กำลังใจ และเสริมแรงจากผู้วิจัย ส่งผลให้กลุ่มทดลองเกิดแรงจูงใจในการปฏิบัติพฤติกรรมดูแลตนเองที่ถูกต้องอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ สามารถปรับพฤติกรรมดูแลตนเองให้เหมาะสมมากขึ้นประเมินผลหลังสิ้นสุดการเข้าร่วมโปรแกรมในสัปดาห์ที่ 8 พบว่าทำให้เกิดพฤติกรรมดูแลตนเองที่ดีด้านการบริโภคอาหารเพิ่มสูงมากขึ้นกว่าก่อนการทดลองและมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการพยาบาลตามปกติตามแนวทางการพยาบาลในคลินิกโรคไตที่เน้นการให้ความรู้เพียงอย่างเดียว จึงไม่เพียงพอต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม สอดคล้องกับการศึกษาของกันตาทิทร บุญวรรณ และคณะ(2561) ที่ศึกษาโรคไตเรื้อรังระยะที่3-4: การพยาบาลด้วยการสอนสุขภาพ จากผลการทบทวนอย่างเป็นระบบ สามารถสรุปได้ว่า การชะลอไตเสื่อมเรื้อรังต้องเริ่มชะลอในระยะที่3และระยะที่4 โดยใช้บทบาทการสอนสุขภาพในลักษณะ

เสมือนจริง เช่นการตรวจปริมาณน้ำ อาหารที่ต้องเทียบสัดส่วนด้วยดวง ทัฟพี ซ้อนมาประกอบด้วยจึงจะทำให้ผู้ป่วยเกิดภาพนำไปปฏิบัติได้จริง และเพื่อให้เกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมตนเองให้รู้อยู่ร่วมกับโรคอย่างต่อเนื่อง จำเป็นต้องใช้ทักษะการเสริมแรง การติดตามความรู้ การติดตามพฤติกรรมและให้ข้อมูลสุขภาพผ่านการสอนการติดตามทางโทรศัพท์เป็นระยะๆ จะช่วยให้การดำเนินพฤติกรรมการชะลอไตเสื่อมเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสุขฤทัย ฉิมชาติ (2556) ที่พบว่ากระบวนการชี้แนะที่เป็นส่วนสำคัญในโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ ซึ่งเน้นการให้ความรู้ที่เฉพาะกับผู้ป่วยรายบุคคล ร่วมกับการฝึกทักษะการปฏิบัติ ทำให้ผู้ป่วยเข้าใจเนื้อหาสาระที่ได้จากการสอน การลงมือปฏิบัติจริง ส่งผลให้ผู้ป่วยมีทักษะเพิ่มขึ้นทั้งทางด้านการตรวจปริมาณอาหาร การเลือกอาหารที่เหมาะสมกับโรคไต ส่งผลให้มีพฤติกรรมรับประทานอาหารสูงขึ้นกว่าก่อนการทดลองและสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p < 0.05$) และสอดคล้องกับการศึกษาของเพ็ญพร ทวีบุตรและคณะ(2560)ที่ศึกษาผลของโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ในผู้ป่วยโรคเรื้อรังที่มีภาวะไตเรื้อรังระยะเริ่มต้น พบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการดูแลตนเองสูงขึ้นกว่าก่อนทดลองและสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบภายหลังการทดลอง6สัปดาห์ และ10 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p < 0.05$)

2. เปรียบเทียบอัตราการกรองของไต

ภายหลังการทดลองแนวโน้มอัตราการกรองของไตในกลุ่มทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองและสูงกว่ากลุ่มควบคุม แต่เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p=0.10$) ทั้งนี้สามารถอธิบายได้ว่าน่าจะเป็นผลมาจากกลุ่มทดลองได้รับโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ที่ประกอบไปด้วยการสอนที่หลากหลายรูปแบบที่ผสมผสานร่วมกัน ทั้งการชี้แนะ การสนับสนุนและการสร้างสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะรูปแบบของโปรแกรมที่ออกแบบตอบสนองการแก้ปัญหาความพร้อมด้านการบริโภคอาหารของกลุ่มทดลองเป็นรายบุคคล ร่วมกับการฝึกทักษะโดยใช้แบบจำลองอาหาร การให้แรงเสริมทางโทรศัพท์และการติดตามเยี่ยมบ้านซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองสามารถนำทักษะที่ได้รับไปปฏิบัติได้ด้วยตนเองซึ่งแสดงให้เห็นได้จากการบันทึกรายการอาหารประจำวัน พบว่ามีการบันทึกชนิด ปริมาณอาหารโปรตีนเป็นช้อนชา ทัฟพี ซึ่งจากการควบคุมอาหารโปรตีนอย่างต่อเนื่องเป็นผลให้ร่างกายได้รับของเสียจากอาหารโปรตีนลดลง ทำให้เกิดการขับถ่ายของเสียในรูปไนโตรเจน และครีเอตินินลดลง ทำให้อัตราการกรองของไตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการทดลองและมากกว่ากลุ่มควบคุม ถึงแม้ว่ากลุ่มทดลองจะมีพฤติกรรมรับประทานอาหารดีขึ้นแต่อัตราการกรองของไตหลังการทดลองเมื่อทดสอบทางสถิติเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อาจเนื่องจากการศึกษาครั้งนี้กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีโรคร่วมหลายโรค ทั้งโรคความดันโลหิตสูงโรคเบาหวาน สูงถึงร้อยละ63.3 ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเสื่อมของไต โดยเฉพาะพยาธิสภาพของโรคความดันโลหิตสูงจะส่งผลให้หลอดเลือดที่ไตแข็งตัว ทำให้เลือดมาเลี้ยงไตลดลง (ประเสริฐ ธนกิจจารุ และคณะ, 2557) และนอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างยังเป็นผู้สูงอายุ ร้อยละ60 จึงมีความ

เสื่อมของระบบต่างๆของร่างกาย รวมทั้งขนาดของไตและการทำงานของไต (ปวีณา สุสันฐิตพงษ์ , 2560) ซึ่งหน่วยไตที่สูญเสียหน้าที่จะไม่สามารถกลับมาทำงานได้ตามเดิม และการเสื่อมของไตจะยังคงเสื่อมลงอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังพบว่าระยะเวลาที่แพทย์วินิจฉัยว่าเป็นโรคไตเรื้อรังของกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาเจ็บป่วย 7.2 ปี ร้อยละ40 การดำเนินของโรคจึงอยู่ในระดับที่ไม่ค่อยดี และการศึกษาครั้งนี้ยังพบว่ามีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาการศึกษาที่สั้นเพียง 8 สัปดาห์อาจจะไม่ทำให้การทำงานของไตเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ในทันที เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางผลเลือดจะเริ่มแสดงให้เห็นว่าไตเสื่อมช้าลงกว่าเดิมเร็วที่สุดคือระยะ6เดือน และเห็นชัดเจนภายใน1 ปี (ประเสริฐ ธนกิจจารุ และคณะ, 2557) จึงต้องใช้ระยะเวลาประเมินที่ยาวนาน แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าหลังการทดลองมีการเพิ่มของค่าเฉลี่ยอัตราการกรองของไตจาก39.47 เป็น42.83 แสดงให้เห็นว่าอัตราการกรองของไตมีการเสื่อมของไตช้าลง ถึงแม้ว่าจะไม่พบความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมก็ตาม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของจุฬาลักษณ์ ลิ้มลี้อา (2563) ที่ศึกษาประสิทธิผลของโปรแกรมส่งเสริมพฤติกรรมบริโภคอาหาร ที่ประกอบด้วยการสอน การสาธิต ฝึกปฏิบัติ จัดกิจกรรมเป็นรายบุคคล 12 สัปดาห์ ในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง โรงพยาบาลกลาง จังหวัดภูเก็ต จำนวน 30 คน หลังการทดลองพบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมบริโภคอาหารสูงกว่ากลุ่มควบคุม และพบว่าอัตราการกรองของไตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม เนื่องจากอายุกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้สูงอายุ และมีโรคเรื้อรังเบาหวานและความดันโลหิตสูง ระยะเวลาในการติดตามประเมินผลสั้น ทำให้ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงของการทำงานของไตอย่างชัดเจน

3. เปรียบเทียบระดับความดันโลหิต

ภายหลังการทดลองกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยระดับความดันโลหิตซิสโตลิก และค่าเฉลี่ยความดันโลหิตไดแอสโตลิกต่ำกว่าก่อนการทดลองและต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สามารถอธิบายได้ว่าเป็นผลมาจากการได้รับโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ ซึ่งในตัวโปรแกรมมีกิจกรรมการสอน การชี้แนะที่ตอบสนองความพร้อมในการดูแลตนเองด้านการบริโภคอาหาร โดยพบว่ากลุ่มทดลองรับทราบว่าอาหารรสเค็มมีผลต่อการทำงานของไต แต่ส่วนใหญ่รับประทานอาหารโดยอาศัยความเคยชิน อร่อยถูกปาก และส่วนใหญ่ร้อยละ43.3จะเป็นผู้ประกอบอาหารเอง ก็จะทำอาหารตามที่ตนเองชอบ ใช้เครื่องปรุงรสทุกครั้งเพื่อให้อาหารมีรสอร่อย ผู้วิจัยจึงใช้กระบวนการชี้แนะ สาธิต ฝึกปฏิบัติ วางแผนแก้ไขปัญหาร่วมกัน ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมบริโภคอาหาร จัดกิจกรรมเป็นรายบุคคล ติดตามการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมตามแผนที่วางไว้ ให้ข้อมูลย้อนกลับ และให้คำแนะนำเพิ่มเติมในการติดตามทางโทรศัพท์และการติดตามเยี่ยมบ้าน ใช้กิจกรรมสนับสนุน ให้กำลังใจ ชมเชย สร้างแรงจูงใจ เพื่อให้กลุ่มทดลองมีความรู้และสามารถพัฒนาทักษะการปฏิบัติพฤติกรรมตามศักยภาพตนเองในสถานการณ์จริงได้ถูกต้อง ต่อเนื่อง จากการติดตามเยี่ยมบ้านผู้วิจัยใช้กิจกรรมการสร้างสิ่งแวดล้อมที่บ้าน

เช่นการจำกัดเครื่องปรุงรสที่ห้องครัว การขออนุญาตผู้ป่วยดูอาหารที่ผู้ป่วยเตรียมในระยะแรกยังคงพบด้วยน้ำปลา น้ำพริกปลาร้า ปลาเกลือทอด ผู้วิจัยจึงใช้กระบวนการชี้แนะและการสร้างสิ่งแวดล้อมในประเด็นอาหารที่ผู้ป่วยรับประทานในวันนั้นจากสถานการณ์จริง ให้ผู้ป่วยได้เรียนรู้ เห็นความสำคัญ เพิ่มความตระหนักและกระตุ้นให้เกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม และพบว่าการติดตามเยี่ยมบ้านในสัปดาห์ถัดไปไม่พบว่ายังมีถั่ว น้ำปลา หรืออาหารที่มีรสเค็ม ประกอบกับการบันทึกพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้ป่วย เห็นได้ชัดเจนว่าผู้ป่วยมีการจำกัดเครื่องปรุงรส และรับประทานอาหารลดเค็มได้อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ระดับความดันโลหิตของกลุ่มทดลองลดลงอยู่ในระดับที่ควบคุมได้โดยความดันโลหิตซิสโตลิก เท่ากับ 12.90 และความดันโลหิตไดแอสโตลิก เท่ากับ73.70 ส่งผลให้ช่วยชะลอความเสื่อมของไตได้มากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของมลิวัลย์ ชัยโคตร (2561) ที่ศึกษาผลของโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ต่อความรู้ในการดูแลตนเองพฤติกรรมดูแลตนเองและผลลัพธ์ทางคลินิกของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่เสี่ยงต่อภาวะแทรกซ้อนทางไต พบว่าหลังการทดลองกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยระดับความดันโลหิตทั้งซิสโตลิกและไดแอสโตลิก ต่ำกว่าก่อนการทดลองและต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เช่นเดียวกับการศึกษาของZarica Kauric-Klein(2012) ที่ศึกษาผลของโปรแกรมการให้พยาบาลระบบสนับสนุนและให้ความรู้ต่อการควบคุมความดันโลหิตในผู้ป่วยโรคไตวายระยะสุดท้ายโดยมีการให้ความรู้ตามแนวทางการรักษาผู้ป่วยโรคไตวายเรื้อรังที่มีภาวะความดันโลหิตสูงร่วมด้วย รวมทั้งการให้ความรู้ในการจำกัดโซเดียมและน้ำ บันทึกระดับความดันโลหิต2 ครั้งต่อวัน ผลการศึกษาพบว่าสามารถลดความดันโลหิตในผู้ป่วยโรคไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p < 0.05$)

การศึกษาครั้งนี้ช่วยให้ผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่3-4เกิดความเข้าใจและตระหนักถึงความสำคัญของโรคไตเรื้อรังและการชะลอความเสื่อมของไต โดยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคอาหาร ทั้งนี้หัวใจสำคัญของการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม คือการสอนสุขภาพให้กับผู้ป่วยและครอบครัวโดยเลือกใช้วิธีการสอน เลือกแนวคิดที่นำมาออกแบบการสอนที่มีความหลากหลาย ตอบสนองความพร้อมของศักยภาพในการดูแลตนเองของผู้ป่วย เพื่อให้ผู้ป่วยสามารถนำความรู้และทักษะที่ได้รับไปปรับเปลี่ยนพฤติกรรมตนเอง และเพื่อให้ผู้ป่วยเรียนรู้อยู่ร่วมกับโรคอย่างต่อเนื่อง จำเป็นต้องใช้ทักษะ การเสริมแรง การติดตามพฤติกรรมและให้ข้อมูลสุขภาพผ่านการสอนทางโทรศัพท์ การติดตามเยี่ยมบ้านเป็นระยะๆจะช่วยกระตุ้นการตระหนักรู้ในตนเองและดำเนินพฤติกรรมการชะลอไตเสื่อมโดยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคอาหารอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ที่ผู้วิจัยศึกษาในครั้งนี้ จึงถือว่าคุ้มค่าสำหรับการนำไปใช้ในการชะลอไตเสื่อมในผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่3-4 ในคลินิกโรคไตเรื้อรังต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. พยาบาลในคลินิกโรคไตเรื้อรังควรนำโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ไปใช้ในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคอาหาร เพื่อช่วยในการชะลอความเสื่อมของไตเพราะเป็นโปรแกรมที่ประยุกต์แนวคิดระบบการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ (Educative supportive nursing system) ตามทฤษฎีการพยาบาลของโอเร็ม ที่มุ่งเน้นตอบสนองความพร้อมของศักยภาพในการดูแลตนเอง โดยใช้วิธีการสอนสุขภาพที่มีความหลากหลายวิธี ทั้งการสอน การชี้แนะ การสนับสนุนและการสร้างสิ่งแวดล้อม การมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างพยาบาลและผู้ป่วยเป็นรายบุคคล ในการค้นหาและการแก้ไขปัญหา ร่วมกันในทุกกระบวนการทำให้สอดคล้องกับความต้องการและการดำเนินชีวิตของผู้ป่วย มีการติดตาม เสริมแรง ให้กำลังใจ ทำให้สามารถปฏิบัติพฤติกรรมบริโภคอาหารได้ต่อเนื่อง ส่งผลให้ระดับความดันโลหิตต่ำกว่า 130/80 มิลลิเมตรปรอท และทำให้อัตราการกรองของไตเพิ่มขึ้นในระยะยาวได้

2. ควรนำโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนให้การพยาบาลผู้ป่วยโรคเรื้อรังที่มีความเสี่ยงในการเกิดภาวะแทรกซ้อนไตวายเรื้อรัง เพื่อป้องกันไม่ให้งานของไตลดลง

2. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1. สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาคุณภาพการพยาบาลผู้ป่วยโรคไตและเพิ่มประสิทธิภาพระบบจัดการด้านการพยาบาลในการบำบัดการชะลอไตเสื่อมในผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 เพื่อป้องกันการดำเนินโรคเข้าสู่ระยะที่ต้องทำบำบัดทดแทนไตโดยจัดให้มีการอบรม ให้ความรู้ และการประยุกต์ใช้โปรแกรมการพยาบาลระบบสนับสนุนและให้ความรู้ให้แก่พยาบาลที่มีหน้าที่ในการดูแลผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง เพื่อนำความรู้ไปใช้ในการดูแลผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง ต่อไป

2. ผู้บริหารสามารถใช้ผลการวิจัยเป็นข้อมูลในการพัฒนาคุณภาพการพยาบาลผู้ป่วยโรคไตโดยกำหนดเป็นนโยบายให้ใช้โปรแกรมการพยาบาลระบบสนับสนุนและให้ความรู้เพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรมบริโภคอาหารของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังและปรับปรุงระบบบริการเพิ่มบริการเชิงรุกในการติดตามเยี่ยมบ้าน สนับสนุนการรวมกลุ่มและการสร้างเครือข่ายการเรียนรู้

3. ข้อเสนอแนะเชิงการส่งเสริมป้องกัน

ควรรนำคู่มือการดูแลตนเองด้านโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะ 3-4 ไปใช้ในคลินิกโรคเรื้อรัง เบาหวาน ความดันโลหิตสูง ที่มีความเสี่ยงไตวายเรื้อรังเพื่อเป็นการให้ความรู้ในการเตรียมความพร้อมเพื่อป้องกัน ภาวะแทรกซ้อนจากไตวายเรื้อรังที่จะเกิดขึ้น

4. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาในระยะเวลาเพียง 8 สัปดาห์ ควรจะมีการศึกษาเพิ่มเติมเรื่องระยะเวลาในการ ติดตามเพื่อประเมินผลความยั่งยืนของพฤติกรรม ประสิทธิภาพและความคุ้มค่า ภายหลังผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรัง ได้รับโปรแกรมการพยาบาลระบบสนับสนุนและให้ความรู้เพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคอาหารในระยะยาว อย่างต่อเนื่อง โดยขยายระยะเวลาในการติดตาม 6 เดือน และ 1 ปี เพื่อประเมินผลลัพธ์ทางคลินิกในระยะยาว ต่อไป

2. ใช้เป็นแนวทางในการศึกษาต่อยอดงานวิจัยต่อไปโดยเพิ่มตัวแปรในการติดตามผลลัพธ์ทางคลินิกเพื่อ ประเมินผลของการใช้โปรแกรมการพยาบาลระบบสนับสนุนและให้ความรู้เพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภค อาหาร เช่น ปริมาณโซเดียมในปัสสาวะ และปริมาณโปรตีนในปัสสาวะ 24 ชั่วโมงร่วมด้วย เป็นต้น

3. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องผลลัพธ์ของโปรแกรมการพยาบาลระบบสนับสนุนและให้ความรู้โดยศึกษาใน กลุ่มตัวอย่างอื่นๆ ที่เป็นกลุ่มเสี่ยงโรคไต เช่นกลุ่มผู้ป่วยโรคเบาหวาน กลุ่มผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

กันตาทันทร บุญวรรณ, ชัชวาล วงศ์สารี และกัลยภรณ์ เขียวโพธิ์. (2561). โรคไตเสื่อมเรื้อรังระยะที่ 3-4 : การ

พยาบาลด้วยการสอนสุขภาพ. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี, 12(3), 48-61.*

จุฬาลักษณ์ ลิมลือชา. (2563). การศึกษานำร่องประสิทธิผลของโปรแกรมส่งเสริมพฤติกรรมบริโภคอาหาร และน้ำของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังในคลินิกชะลอไตเสื่อม โรงพยาบาลกลาง จังหวัดภูเก็ต. *วารสาร พยาบาลสาธารณสุข, 34(1), 80-96.*

ประเสริฐ ธนกิจจารุ, สุกานต์ บุณนาค และวรางคณา พิชัยวงศ์. (2557). โรคไตเรื้อรัง. ในชุมชน มะกรสาร (บ.ก), *การแพทย์ไทย 2554-2557.* นนทบุรี : กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.

ปาติดา นราวุฒิพร. (2558). *ผลลัพธ์ของระบบการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ในการป้องกันการติดเชื้อของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ล้างไตทางช่องท้อง ในโรงพยาบาลระดับตติยภูมิแห่งหนึ่งในจังหวัด*

นครปฐม. วิทยานิพนธ์พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพยาบาลผู้ใหญ่ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยคริสเตียน.

ปวีณา สุสันฐิตพงษ์ . (2560). *การรักษาโรคไตเรื้อรังอย่างครบวงจร : Comprehensive treatment of chronic kidney disease*. กรุงเทพฯ : เอไอ พรินติ้ง.

เพ็ญพร ทวีบุตร, พัชรพร เกิดมงคล และขวัญใจ อำนาจสัต์ยี่ชื่อ. (2560). ผลของโปรแกรมการพยาบาลระบบสนับสนุนและให้ความรู้ในผู้ป่วยโรคเรื้อรังที่มีภาวะไตเรื้อรังระยะเริ่มต้น. *วารสารพยาบาลสาธารณสุข*, 31(1), 129-144.

มลิวัลย์ ชัยโคตร (2561). *ผลของโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ต่อความรู้ในการดูแลตนเองพฤติกรรมดูแลตนเองและผลลัพธ์ทางคลินิกของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่เสี่ยงต่อภาวะแทรกซ้อนทางไต*. วิทยานิพนธ์พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพยาบาลผู้ใหญ่ มหาวิทยาลัยบูรพา.

รัชดา เย็นสวัสดิ์. (2557). *ผลของโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ต่อความรู้และพฤติกรรมดูแลตนเองในผู้ป่วยโรคกระเพาะอาหาร*. วิทยานิพนธ์พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพยาบาลผู้ใหญ่ มหาวิทยาลัยบูรพา.

โรงพยาบาลท่าตะโก. (2564). *สถิติรายงานผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง ปี 2560-2564*. นครสวรรค์: โรงพยาบาลท่าตะโก. (อึดสำเนา)

ศิริลักษณ์ น้อยปาน. (2556). *ผลของโปรแกรมส่งเสริมการจัดการตนเองต่อพฤติกรรมบริโภคอาหารในผู้สูงอายุที่รักษาด้วยการล้างไตทางช่องท้องแบบต่อเนื่อง*. วิทยานิพนธ์พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพยาบาลผู้ใหญ่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สมาคมโรคไตแห่งประเทศไทย. (2560). *คู่มือการดูแลผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังแบบองค์รวมชนิดประคับประคอง*. กรุงเทพฯ : เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด.

สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข. (2563). *แผนยุทธศาสตร์กระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2560 – 2564*. สืบค้นเมื่อ 5 พฤษภาคม 2565, จาก

http://www.lpho.go.th/wpcontent/uploads/2020/12/20190329105418_1_.pdf

สุกัญญา ฉิมชาติ (2556). *ผลของโปรแกรมการชี้แนะเพื่อสุขภาพ ต่อพฤติกรรมบริโภคอาหารและผลลัพธ์ทางคลินิกของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง*. วิทยานิพนธ์พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพยาบาลผู้ใหญ่ มหาวิทยาลัยบูรพา.

Orem, D. E. (2001). *Nursing concept of practice*. (6th ed.). St. Louis: Mosby.



Polit, D.F., & Beck, & Hungler, B.P. (2012). *Nursing research principles and methods* (6th ed.). Philadelphia: J.B. Lippincott

Zaria Kauric-Klein. (2012). Improving blood pressure control in end-stage renal disease through supportive educative nursing intervention. *Nephrology Nursing Journal*, 39, 217-228.

การผลิตถ่านกัมมันต์จากเศษไม้ลำไยโดยใช้ซิงค์คลอไรด์ ($ZnCl_2$) และน้ำส้มควันไม้เป็นตัวกระตุ้น

PRODUCTION OF ACTIVATED CARBON FROM LONGAN WOOD CHIPS USING ZINC CHLORIDE ($ZnCl_2$) AND WOOD VINEGAR ACTIVATORS

สังคม สัพโส¹, ยุทธนา ศรีอุดม², ชัยณรงค์ แสนเปา³,
วิศิษฐ์ ชัดสาย⁴ และ กันตภณ เปรมประยูร⁵
Sangkom Subphaso, Yuttana Sriudom, Chainarong Saenpao,
Wisit Khudsai and Kantapon Premprayoon

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษากระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์จากเศษไม้ลำไยที่เหลือทิ้งจากการตัดแต่งกิ่งของเกษตรกรในประเทศไทยนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านกัมมันต์ด้วยใช้วิธีการกระตุ้นทางเคมีร่วมกับความร้อนซึ่งสารเคมีที่ใช้กระตุ้น คือ ซิงค์คลอไรด์ และน้ำส้มควันไม้ โดยกำหนดอัตราส่วนถ่านต่อสารกระตุ้นโดยมวล 1:1 และ 1:2 ใช้อุณหภูมิในการกระตุ้น 800 และ 900 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการกระตุ้น 120 และ 180 นาที จากการศึกษาพบว่าการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ร่วมความร้อนที่สภาวะการกระตุ้น อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที ถ่านกัมมันต์ที่ได้มีค่าความหนาแน่นปรากฏเท่ากับ 0.27 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าการดูดซับไอโอดีนเท่ากับ 612 มิลลิกรัมต่อกรัม รองลงมาคือ การกระตุ้นด้วยน้ำส้มควันไม้ร่วมความร้อน ใช้สภาวะการกระตุ้นที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที ถ่านกัมมันต์ที่ได้มีค่าความหนาแน่นปรากฏเท่ากับ 0.28 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าการดูดซับไอโอดีน เท่ากับ 485 มิลลิกรัมต่อกรัมจากการศึกษาข้างต้นจะเห็นได้ว่า การกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ เป็นตัวกระตุ้นได้ดีกว่าน้ำส้มควันไม้ และเศษไม้ลำไยสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านกัมมันต์ได้เพราะผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์ (มอก.900-2547) ค่าการดูดซับไอโอดีนไม่น้อยกว่า 600 มิลลิกรัมต่อกรัม และค่าความหนาแน่นปรากฏไม่น้อยกว่า 0.2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

คำสำคัญ: การผลิตถ่านกัมมันต์, การกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์, เศษไม้ลำไย

Abstract

¹ อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก Email: sangkom.s@gmail.com

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

³ อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

⁴

⁵

This research studied the production process activated carbon from longan wood chips using method of chemical activation with heat. Using zinc chloride ($ZnCl_2$) and wood vinegar activators. The condition ratio of charcoal to activator by weight of 1:1 and 1:2 by using the activation temperature of 800 and 900°C. The time for stimulation was 120 and 180 min. The study revealed zinc chloride activator condition was 1:1 ratio of charcoal: $ZnCl_2$ 800°C for 120 min. The bulk density of activated carbon was 0.27 g/cm³ and the iodine number adsorption 612 mg/g followed by the wood vinegar activator condition was 1:1 ratio of charcoal: wood vinegar 800°C for 120 min. The bulk density of activated carbon was 0.28 g/cm³ and the iodine number adsorption 485 mg/g. The study revealed that using $ZnCl_2$ as activating agent resulted in more iodine number than using wood vinegar. Longan wood chips can be used as raw materials for the production of activated carbon because bulk density is higher than 0.2 g/cm³ and iodine number adsorption higher than 600 mg/g the level set by Thai Industrial Standards Institute, TISI.900-2004.

Keywords: Activated carbon, zinc chloride activation, Longan wood chips

บทนำ

ในภาคเหนือของประเทศไทย เกษตรกรนิยมปลูกลำไยเป็นอย่างมากแพร่หลาย ในปี พ.ศ. 2563 มีพื้นที่เพาะปลูก 1,280,000 ไร่ และมีผลผลิต 800,000 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ในกระบวนการปลูกลำไยนั้นเกษตรกรจะทำการตัดแต่งลำต้น กิ่ง และใบ เพื่อให้ได้ผลผลิตของลำไยที่มากขึ้น โดยเศษวัสดุที่เหลือทิ้งนั้นเกษตรกรจะทำการเผาทิ้งหรือนำมาแปรรูปเป็นถ่านไม้ลำไย แต่ยังมีส่วนน้อยที่จะนำมาแปรรูปเป็นถ่านกัมมันต์ ซึ่งถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) ผลิตจากวัตถุดิบที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก โดยมีวัสดุอยู่มากมายที่สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ได้ รวมทั้งวัสดุชีวมวลที่เป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้มีการทำวิจัยมาแล้ว เช่น เปลือกถั่วอัลมอนต์ (Marcilla et al, 2000) ชังข้าวโพด (Bagheri and Abedi, 2009) ต้นไผ่ร่ายยักษ์ (ธีร์ธวัช สิงหศิริ, 2557) และ เมล็ดลำไย (ณัฐวิภา จงรัก, 2554) เป็นต้น ซึ่งสมบัติพิเศษของถ่านกัมมันต์ คือ มีพื้นที่ผิวสูงและมีรูพรุนมากทำให้สามารถดูดซับสารต่าง ๆ ได้ในปริมาณมาก ถ่านกัมมันต์จึงถูกนำไปใช้งานอย่างแพร่หลายและหลากหลายในกระบวนการแยกสารประกอบและการทำให้ สารบริสุทธิ์ จึงนิยมใช้ถ่านกัมมันต์เป็นตัวดูดซับสารทั้งที่เป็นของเหลวและก๊าซในอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร ใช้ฟอกสีและดูดกลิ่นในอุตสาหกรรมน้ำตาล การแยกสารประกอบ ไฮโดรคาร์บอน การทำน้ำให้บริสุทธิ์ การกำจัดกลิ่นใช้เป็นตัวกรองก๊าซพิษที่ออกมาจากการเผาไหม้ของยานยนต์ และใช้เป็นยาเพื่อดูดซับสารพิษที่เข้าสู่ร่างกาย เป็นต้น

ด้วยสมบัตินี้จึงนิยมนำไปใช้ในการดูดซับสารอินทรีย์ หรือ โลหะหนัก เช่น ตะกั่ว พรอท ทองแดง และโครเมียมที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย เป็นต้น (ณัฐวิภา จงรัก, 2554)

ถ่านกัมมันต์ในปัจจุบันนี้มีกระบวนการทำ 2 วิธี วิธีที่ 1 การกระตุ้นทางเคมี (Chemical activation) เป็นการเปลี่ยนวัตถุดิบโดยใช้สารเคมีบางชนิด เช่น ซิงค์คลอไรด์ (Zinc chloride) กรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid) โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide) ร่วมกับการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 450-900°C ในภาคอุตสาหกรรมนิยมผลิตถ่านด้วยวิธีนี้มากกว่าวิธีกระตุ้นทางกายภาพเนื่องจากใช้ความร้อนและเวลาในการผลิตน้อยกว่าแต่บางครั้งถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการผลิตวิธีนี้ อาจมีปัญหาเรื่องสารตกค้างได้ เช่น การพบสังกะสีตกค้าง ในผลิตภัณฑ์สังกะสีเป็นโลหะหนักเมื่อเข้าสู่ร่างกาย เกิดการสะสมที่บริเวณตับและไตทำให้โครโมโซม ผิดปกติ เสี่ยงต่อการเป็นมะเร็ง ส่วนวิธีที่ 2 การกระตุ้นทางกายภาพ (Physical reactivation) เป็นการนำถ่านที่ผ่านการเผาไหม้ในสภาพอับอากาศ หรือจำกัดอากาศทำให้มีออกซิเจนน้อย มากระตุ้นโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO) หรือไอน้ำ ที่มีอุณหภูมิกระตุ้น (Activation temperature) ประมาณ 600-950 องศาเซลเซียส ซึ่งจำเป็นต้องใช้พลังงานสูงมาก ทั้งยังไม่สามารถควบคุมสมบัติของถ่านกัมมันต์ให้คงที่ได้ รวมถึงพื้นที่ผิวและรูพรุนเกิดในปริมาณน้อย (ฉวีวรรณ เพ็งพิทักษ์, 2562) และในประเทศไทยนั้นมีการผลิตถ่านกัมมันต์แบบ 2 ขั้นตอน ด้วยการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ โดย ณัฐวิภา จงรัก (2554) ได้ทำการผลิตถ่านกัมมันต์จากเมล็ดลำไย โดยใช้อัตราส่วนโดยมวลของซิงค์คลอไรด์ต่อเมล็ดลำไย 2:1 และเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 180 นาที ได้ค่าการดูดซับไอโอดีน 826.95 มิลลิกรัม/กรัม สุภาพร รัตนพันธ์ (2557) ได้ทำการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ด้วยการใช้เทคนิคการร้อนโดยการไหลย้อนกลับ ในเปลือกมังคุด ได้ค่าการดูดซับไอโอดีน 820 มิลลิกรัม/กรัม และธีรวัช สิงหศิริ. (2557) ได้ผลิตถ่านกัมมันต์จากต้นไมยราบยักษ์กระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ ซึ่งใช้อัตราส่วนโดยมวลของซิงค์คลอไรด์ต่อต้นไมยราบยักษ์ 3.11:1 และเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ได้ค่าการดูดซับไอโอดีน 966.30 มิลลิกรัม/กรัม ในปี พ.ศ. 2563 ประเทศไทยมีการนำเข้าถ่านกัมมันต์คิดเป็นมูลค่า 545,946,033 บาท และในปี พ.ศ. 2564 มีการนำเข้าเพิ่มเป็น 706,992,120 บาท ซึ่งถือว่ามีความแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี (กรมศุลกากร, ม.ป.ป.)

เพื่อเป็นการลดการนำเข้าของถ่านกัมมันต์ในงานวิจัยนี้จึงเล็งเห็นว่าเศษไม้ลำไยที่เหลือทิ้งจากการตัดแต่งกิ่งของต้นลำไยนั้นสามารถมาทำเป็นมาเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตถ่านกัมมันต์ โดยการศึกษาวิธีการกระตุ้นทางเคมีโดยใช้ซิงค์คลอไรด์ และน้ำส้มควินไม้ มาศึกษาสภาวะต่าง ๆ ที่เป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตถ่านกัมมันต์ เช่น ปริมาณสารกระตุ้นต่อปริมาณวัตถุดิบ อุณหภูมิและเวลาในการเผา เพื่อเป็นแนวทางเป็นการแปรรูปวัสดุที่เหลือทิ้งให้เป็นวัสดุที่มีคุณภาพและมีคุณค่าสูงขึ้น แล้วยังเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ให้เป็นประโยชน์และเป็นทางเลือกในการผลิตถ่านกัมมันต์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการการผลิตถ่านกัมมันต์จากเศษไม้ลำไยที่เหลือทิ้งจากการเกษตร
2. เพื่อได้ถ่านกัมมันต์จากเศษไม้ลำไยที่เหลือทิ้งจากการเกษตร

ขอบเขตของการวิจัย

1. เศษกิ่งไม้ลำไย มาจากสวนลำไยในจังหวัดตาก และจังหวัดลำพูน
2. ซิงค์คลอไรด์ (ZnCl₂) Loba chemie Grade AR/ACS 98%
3. น้ำส้มควัน (Wood vinegar) จากเกษตรกรรมผลิตถ่าน จังหวัดตาก
4. ตัวแปรที่ศึกษา อัตราส่วนของถ่านไม้ลำไยต่อสารกระตุ้น โดยมวล (1:1 และ 1:2) อุณหภูมิ (800 และ 900 องศาเซลเซียส) เวลา (120 และ 180 นาที)

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการทดลอง

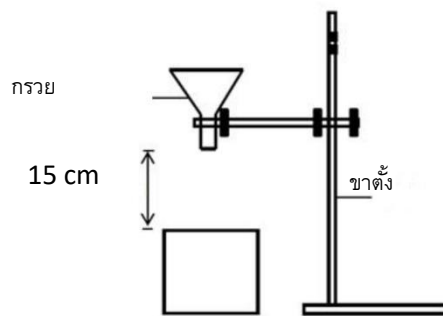
การผลิตถ่านกัมมันต์จากเศษกิ่งไม้ลำไย โดยนำเศษกิ่งไม้ลำไยมาเผาด้วยเตาเผา 200 ลิตร เพื่อให้เป็นถ่าน นำมาบดให้ละเอียด มาร่อนด้วยตะแกรงร่อน ได้ขนาดประมาณ 2 – 5 มิลลิเมตร นำมากระตุ้นด้วยการแช่ซิงค์คลอไรด์ และน้ำส้มควันไม้ ในอัตราส่วนถ่านไม้ลำไยต่อสารกระตุ้น 1:1 และ 1:2 โดยการแช่ในหลอดทดลอง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ณัฐวิภา จงรัก, 2554) หลังจากนั้นนำไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 12 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็น แล้วนำไปเผาในเตาเผาความร้อนสูงที่อุณหภูมิ 800 และ 900 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 120 และ 180 นาที ตามลำดับ หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส หลาย ๆ ครั้งจนได้ค่า pH ประมาณ 7 (สุภาพร รัตนพันธ์ และคณะ, 2557) นำไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 6 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็น แล้วนำไปศึกษาสมบัติของถ่านกัมมันต์

การวิเคราะห์สมบัติแบบประมาณของชีวมวล (Proximate analysis) ความชื้น (Moisture content) ASTM E871-82 สารระเหย (Volatile mater) ASTM E872-82 เถ้า (Ash) ASTM E1755-01 ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) ร้อยละปริมาณคาร์บอนคงตัว = 100 - ร้อยละปริมาณความชื้น - ร้อยละปริมาณสารระเหย - ร้อยละปริมาณเถ้า

การวิเคราะห์สมบัติแบบประมาณของถ่าน (Proximate analysis) ความชื้น สารระเหย เถ้า ASTM D1762-84 ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) ร้อยละปริมาณคาร์บอนคงตัว = 100 - ร้อยละปริมาณความชื้น - ร้อยละปริมาณสารระเหย - ร้อยละปริมาณเถ้า

การวิเคราะห์ค่าความร้อน ASTM D204

การวิเคราะห์ความหนาแน่นปรากฏ (Bulk density, ρ_b) นำภาชนะที่ทราบปริมาตร (ภาชนะที่ใช้จะขึ้นอยู่กับลักษณะของวัสดุ) ไปชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกค่า จากนั้นเตรียมอุปกรณ์ดังรูปที่ 1 โดยปรับตำแหน่งปลายกรวยให้สูงจากปากกระบอกตวงประมาณ 15 เซนติเมตร เทถ่านกัมมันต์ผ่านกรวยลงในภาชนะจนล้น จากนั้นถ่านกัมมันต์ให้เสมอภาชนะ นำไปชั่งน้ำหนักแล้วลบน้ำหนักภาชนะออก จะได้มวลของถ่านกัมมันต์ (m) ส่วน (v) คือปริมาตรที่ขึ้นอยู่กับภาชนะที่ใช้ ทำการทดลอง 5 ซ้ำ จากนั้นคำนวณค่าความหนาแน่นรวมจากสมการ $\rho_b = m/v$ (ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร, 2555)



ภาพที่ 1 อุปกรณ์ในการหาความหนาแน่นปรากฏ (ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร, 2555)

การวิเคราะห์หาค่าการดูดซับไอโอดีน (Iodine Number) AWWA B604 ส่งตรวจ กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.)

ผลการทดลองและอภิปรายผล

การวิเคราะห์สมบัติเบื้องต้นของวัตถุดิบ

การวิเคราะห์สมบัติเบื้องต้นของเศษไม้ส้าโย และถ่านไม้ส้าโยที่ผลิตได้ก่อนนำไปทำเป็นถ่านกัมมันต์ มีผลการวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis) ดังตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าเศษไม้ส้าโยนั้นหลังจากเผาแล้วเป็นถ่านไม้ส้าโยมีคาร์บอนคงเหลือประมาณคาร์บอนคงตัว เท่ากับ 72.96 ซึ่งคิดเป็น 4.80 เท่า ที่ร้อยละปริมาณคาร์บอนคงตัวเพิ่มขึ้น ซึ่งเพียงพอที่สามารถนำไปกระตุ้นต่อเป็นถ่านกัมมันต์

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis) ของเศษไม้ลำไย และถ่านไม้ลำไย

ชนิดของวัสดุ	Proximate analysis				ค่าความร้อน (MJ/KG)
	ร้อยละความชื้น	ร้อยละสารระเหย	ร้อยละเถ้า	ร้อยละปริมาณคาร์บอนคงตัว	
เศษไม้ลำไย	7.57±0.45	77.75±0.74	2.13±0.19	12.55±0.99	18.05
ถ่านไม้ลำไย	2.37±0.13	18.33±1.56	6.34±0.30	72.96±1.51	28.99

การวิเคราะห์สมบัติของถ่านกัมมันต์

ความหนาแน่นปรากฏ

หลังจากนำเศษไม้ลำไยไปเผาแล้วได้เป็นถ่านไม้ลำไย ผู้จัดทำงานวิจัยนำไปกระตุ้นตามสภาวะดังตารางที่ 2 โดยหลังจากทำการกระตุ้นจะเห็นได้ว่าค่าความหนาแน่นปรากฏของถ่านกัมมันต์นั้นอยู่เกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์ (มอก.900-2547) ซึ่งไม่น้อยกว่า 0.2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เนื่องจากในการใช้อุณหภูมิสูงและเวลาที่ใช้การกระตุ้นมากขึ้น จะมีการปลดปล่อยสารระเหยออกมาจากโครงสร้างภายในมากขึ้น โดยโครงสร้างในส่วนนี้จะมีการพัฒนาไปเป็นโครงสร้างที่มีรูพรุนมากขึ้น จึงทำให้มีค่าความหนาแน่นปรากฏลดลง (ณัฐวิภา จงรัก, 2554)

ตารางที่ 2 ค่าความหนาแน่นปรากฏของถ่านกัมมันต์จากถ่านไม้ลำไย

สภาวะการกระตุ้น	อัตราส่วน สารกระตุ้น:ถ่าน (โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิในการเผา (องศาเซลเซียส)	เวลาในการเผา (นาที)	ความหนาแน่นปรากฏ (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
ไม่ได้รับการกระตุ้น	-	-	-	0.42±0.007
ความร้อน	-	800	120	0.29±0.002
			180	0.28±0.001
			120	0.27±0.001

			180	0.27±0.002
น้ำส้มควินไม้ร่วมความร้อน	1:1	800	120	0.28±0.001
			180	0.27±0.004
		900	120	0.26±0.001
			180	0.24±0.010
	2:1	800	120	0.28±0.005
			180	0.26±0.002
		900	120	0.25±0.002
			180	0.24±0.001
ZnCl ₂ ร่วมความร้อน	1:1	800	120	0.27±0.006
			180	0.28±0.003
		900	120	0.28±0.002
			180	0.25±0.003
	2:1	800	120	0.29±0.002
			180	0.26±0.001
		900	120	0.27±0.002
			180	0.25±0.001

ค่าการดูดซับไอโอดีน

จากตารางที่ 2 นั้น ทุกสภาวะในการต้มนั้นมีค่าความหนาแน่นปรากฏ อยู่ในเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์ (มอก.900-2547) ทางผู้ทำงานวิจัยจึงเลือกเอาอัตราส่วนถ่าน:สารกระตุ้น 1:1

เพราะจะได้มีสารเคมีตกค้างน้อย และเลือกการเผากระตุ้นที่ใช้พลังงานน้อย 800 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 120 นาที นำไปทดสอบค่าการดูดซับไอโอดีน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์จากถ่านไม้ลำไย

ค่าที่ทดสอบ	สภาวะการกระตุ้นของถ่านไม้ลำไย				มอก.900-2547
	ไม่ได้รับการกระตุ้น	ความร้อน (800°C 120 min)	น้ำส้มควันไม้ ร่วมความร้อน (1:1) (800°C 120 min)	ZnCl ₂ ร่วมความร้อน (1:1) (800°C 120 min)	
ค่าการดูดซับ ไอโอดีน (mg/g)	211	426	485	612	ไม่น้อยกว่า 600 mg/g

จากตารางที่ 3 จะเห็นว่าการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ร่วมความร้อน เป็นเพียงสภาวะเดียวที่ ค่าการดูดซับไอโอดีนเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์ (มอก.900-2547) โดยการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ร่วมความร้อนทำให้ค่าการดูดซับไอโอดีนมีค่าเพิ่มขึ้นจากถ่านไม้ลำไยที่ไม่ได้รับการกระตุ้น ถ่านไม้ลำไยที่กระตุ้นโดยความร้อนเพียงอย่างเดียว และถ่านไม้ลำไยที่กระตุ้นด้วยน้ำส้มควันไม้ร่วมความร้อน 401 186 และ 127 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ (คิดเป็นการเพิ่มร้อยละ 190.05 42.72 และ 26.19 ตามลำดับ) เนื่องจากการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์นั้นมีสมบัติในการดึงน้ำมันนํ้า และสารประกอบอื่น ๆ ที่อยู่ในโครงสร้างของ ถ่านไม้ลำไยในขณะที่มีการเผากระตุ้นได้ดี (Lua and Yang, 2005) และการใช้ร่วมอุณหภูมิสูงร่วมด้วยนั้นก็ยิ่งทำให้เกิดรูพรุนหรือช่องว่างขนาดเล็กเกิดการดูดซับไอโอดีนจึงเพิ่มขึ้น (ณัฐวิภา จงรัก, 2554)

สรุปผลการทดลอง

การกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ร่วมความร้อนนั้นสามารถทำให้ถ่านไม้ลำไยมีสมบัติเพียงพอที่จะผลิตเป็น ถ่านกัมมันต์ได้เนื่องจากมีค่าการดูดซับไอโอดีนมากกว่า 600 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์ (มอก.900-2547)

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรนำถ่านกัมมันต์จากไม้ลำไยที่ผ่านการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ร่วมความร้อน ที่อุณหภูมิที่ 900 องศาเซลเซียส เวลา 120 และ 180 นาที ไปทดลองค่าการดูดซับไอโอดีน เพื่อศึกษาดูว่าได้ค่าการดูดไอโอดีนเท่าไรและนำมาคำนวณว่าจะคุ้มค่ากับการเพิ่มพลังงานและเวลาหรือไม่

เอกสารอ้างอิง

- กรมศุลกากร. (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์). การนำเข้าถ่านกัมมันต์ คำค้น HS-Code: 380210000. [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก : https://www.customs.go.th/statistic_report.php? (วันที่ค้นข้อมูล : 5 เมษายน 2565)
- ฉวีวรรณ เพ็งพิทักษ์. (2562). ถ่านกัมมันต์. กรุงเทพฯ: กองเคมีภัณฑ์และผลิตภัณฑ์อุปโภค กรมวิทยาศาสตร์บริการ.
- ณัฐวิภา จงรัก. (2554). การผลิตถ่านกัมมันต์จากเมล็ดลำไย โดยการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธีร์ธวัช สิงหศิริ. (2557). สภาวะที่เหมาะสมของการผลิตถ่านกัมมันต์จากต้นไมยราบยักษ์โดยการกระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์และซิงค์คลอไรด์. วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 41(4), 527-535.
- ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร. (2555). สมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบสมุนไพร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.foodnetworksolution.com/news_and_articles/article/0233/สมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบสมุนไพร. (วันที่ค้นข้อมูล : 8 เมษายน 2565).
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2564). ลำไย : เนื้อที่ยืนต้น เนื้อที่ให้ผล ผลผลิต และผลผลิตต่อเนื้อที่ให้ผล รายภาคและรายจังหวัด ปี 2563. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/longan%2063%20update.pdf> (วันที่ค้นข้อมูล : 4 เมษายน 2565).
- Bagheri, N. and Abedi, J. (2009). Preparation of high surface area activated carbon from corn by chemical activation using potassium hydroxide. Chemical Engineering Research and Design. 87, 1059-1064.



- Lua, A. C. and Yang, T. (2005). **Characteristics of activated carbon prepared from pistachio-nut shell by zinc chloride activation under nitrogen and vacuum conditions.** Journal of colloid and interface science. 290(2), 505–513.
- Marcilla, A., García-García, S., Asensio, M. and Conesa, J. A. (2000). **Influence of thermal treatment regime on the density and reactivity of activated carbons from almond shells.** Carbon. 38(3), 429–440.
- Srisatit, T and Singhasiri, T. **Using activated carbon from eucalyptus (Eucalyptus**

สภาพสุขาภิบาลและคุณภาพน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ

ในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

Sanitary condition and quality of drinking water from automatic water vending machines in the area around Kamphaengphet Rajabhat University

จิติสดา อุดมรัตน์ศิริชัย¹, สัจจิตตรา เทียงสันเทียะ²,
วชิระ สิงห์คง³ และ บุญยกฤต รัตนพันธุ์⁴

Titisuda Udomrattanasirichai Suchittra Thaingunthiah
Wachira Singkong and Boonyakrit Rattanapun

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพสุขาภิบาลและสิ่งแวดล้อมรอบที่ตั้งตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ และศึกษาคุณภาพของน้ำดื่มที่ผลิตจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร จำนวน 35 ตัวอย่าง พบว่า สภาพสุขาภิบาลของสถานที่ตั้งตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติมีสภาพระดับดี และสภาพส่วนประกอบในตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติมีสภาพระดับดีเช่นกัน ผลการศึกษาคุณภาพของน้ำดื่มที่ผลิตจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภคพบว่า น้ำดื่มจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ จำนวน 35 ตัวอย่าง ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมดทุกตัวอย่างที่ทำการศึกษา โดยผลการตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วงระหว่าง 6.50-7.98 ตัวอย่างน้ำทุกตัวอย่างมีลักษณะใส ไม่มีกลิ่น และผลการตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ทั้งหมดที่มีในน้ำดื่มจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ ไม่พบเชื้อในทุกตัวอย่างที่ทำการศึกษา และการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณอีโคไลและโคลิฟอร์มโดยชุดตรวจสอบไม่พบเชื้อในทุกตัวอย่างที่ทำการศึกษา

คำสำคัญ: ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ คุณภาพน้ำดื่ม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

¹ นักศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร E-mail: chomphu.titisuda@gmail.com

² นักวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร E-mail: sujitra5548@gmail.com

³ รองศาสตราจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร E-mail: champings@hotmail.com โทร. 0866489238

⁴ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร E-mail: boonyakrit.kpru@gmail.com โทร. 0864404514

Abstract

The aim of this research were to study condition of sanitary and environment around automatic water vending machine and study quality of drinking water from automatic water vending machine in the area around Kamphaengphet Rajabhat University for 35 samples. The results found that, the located of sanitary and environment around automatic water vending machine was good condition. Also, automatic water vending machine component was good condition. The physical, chemical and microorganism quality of drinking water from automatic water vending machine when compared to the standard for drinking water industry product found that 35 samples of drinking water from automatic vending machine were passed the criteria which are examined. The quality result was a pH value acidity - alkaline in the range between 6.50 - 7.98. All samples were clear and odorless. The microorganism quality of drinking water from automatic water vending machine were not found microbe. The quantitative determination of *E. coli* and coliform by test kit were not found microbe.

Keywords: Automatic water vending machine, Water drinking quality, Kamphaengphet Rajabhat University.

บทนำ

น้ำเป็นสิ่งจำเป็นในการดำรงชีวิต การได้ดื่มน้ำที่สะอาดย่อมส่งผลให้มีสุขภาพร่างกายแข็งแรง ทุกวันนี้การใช้ชีวิตประจำวันที่เปลี่ยนแปลงไปวิถีชีวิตที่ทันสมัยขึ้นได้ปรับเปลี่ยนการบริโภคซึ่งแม้กระทั่งเรื่องของน้ำดื่ม จากเดิมที่คนไทยดื่มน้ำฝนก็พัฒนาขึ้นมาเรื่อย ๆ เป็นน้ำประปา และน้ำดื่มบรรจุขวด ซึ่งผลิตขึ้นมาเพื่อความสะอาด (ทิพวรรณ เมืองเสน, ม.ป.ป.) ซึ่งปัจจุบันน้ำดื่มที่ผลิตเพื่อจำหน่ายมีหลากหลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นน้ำดื่มในภาชนะปิดสนิทรูปแบบต่างๆ เช่น ขวดพลาสติกใส ขวดพลาสติกขาวขุ่น ถึงพลาสติกขาวขุ่น เป็นต้น น้ำดื่มที่กล่าวมาข้างต้นเป็นน้ำดื่มที่มีกระบวนการผลิตจากโรงงานที่ได้เกณฑ์มาตรฐานการผลิตที่ดี (Good Manufacturing Practice) แต่ยังมีน้ำดื่มอีกรูปแบบหนึ่งที่กำลังเป็นที่นิยมคือ น้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ซึ่งได้กลายเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภค เนื่องจากตั้งอยู่ในแหล่งชุมชน เช่น หอพักนักศึกษา หมู่บ้านจัดสรร หรือตามแหล่งต่าง ๆ ที่บริษัทผู้ติดตั้งเห็นว่าน้ำดื่มบรรจุขวดจะเข้าไปไม่ถึง แม้ว่าผู้บริโภคจะต้องนำภาชนะมาบรรจุน้ำเอง แต่ก็ได้รับความนิยมเพราะ มีราคาถูกลิตรละ 1-2 บาท เท่านั้น ซึ่งสะดวก ง่าย และประหยัดกว่าน้ำดื่มที่วางขายตามร้านค้า ระบบน้ำดื่มตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติส่วนใหญ่เป็น ระบบรีเวอร์สออสโมซิส (Reverse

Osmosis) สามารถกรองน้ำที่ให้คุณภาพน้ำที่ดีโดยระบบรีเวอร์สออสโมซิสสามารถกำจัดสารที่ละลายในน้ำและยังสามารถกำจัดพวก ไวรัส แบคทีเรีย ซึ่งระบบประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกการกรองตะกอนหยาบขั้นต้น เช่น ทรายละเอียด สนิมเหล็ก เศษผง เป็นการปรับสภาพน้ำระดับหนึ่ง ซึ่งเยื่อกรองจะเป็น Polypropylene filter ขั้นตอนที่สอง สารกรองจะเป็นถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) ซึ่งมีความสามารถในการปรับปรุง รส กลิ่น สี ของน้ำ ขั้นตอนที่สาม เป็นกระบวนการรีเวอร์สออสโมซิส ในขั้นตอนนี้ให้น้ำผ่านเยื่อกรองที่มีรูขนาด 0.0001 ไมครอน สามารถกำจัดสารเคมีโลหะหนัก และเชื้อโรคต่างๆ ได้มากถึงร้อยละ 95 และขั้นตอนสุดท้าย เป็นถ่านกัมมันต์ ทำหน้าที่ขจัดกลิ่น หรือ ก๊าซ ที่ยังคงหลงเหลือในน้ำ และปรับรสชาติของน้ำให้เป็นธรรมชาติ นอกจากนี้น้ำดื่มตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติยังมีการฆ่าเชื้อโรคด้วยโอโซน (O₃) หรือ การใช้แสงอุลตราไวโอเลต (UV) ที่ความยาวคลื่น 200-295 นาโนเมตร(นรา ระบุว่าชัย, 2555) เพื่อใช้ในการผลิตน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญที่มีคุณภาพ แต่จากข้อมูลการศึกษาวิจัยของ กัญญา กอแก้ว และคณะ (ม.ป.ป.) เรื่อง สำรวจการปนเปื้อนของจุลินทรีย์จากน้ำดื่มตู้หยอดเหรียญ ในเขตอำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ศึกษาจำนวน 30 ตัวอย่าง โดยศึกษาคุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด จำนวนโคลิฟอร์มรวม ตรวจเชื้อ Staphylococcus aureus, E.coli, Salmonella spp. และสาหร่าย จากการศึกษาพบว่า มีน้ำดื่มไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 22 (จาก 30 ตัวอย่าง) คิดเป็นร้อยละ 73.33 โดยมีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดมากกว่า 500 โคโลนีต่อมิลลิลิตร จำนวน 13 ตัวอย่าง (ร้อยละ 43.33) จำนวน โคลิฟอร์มรวมโดยวิธี MPN มากกว่า 2.2 จำนวน 7 ตัวอย่าง (ร้อยละ 23) ตรวจพบ S.aureus จำนวน 3 ตัวอย่าง (ร้อยละ 10) พบการปนเปื้อนของสาหร่ายจำนวน 5 ตัวอย่าง (ร้อยละ 16.67) และไม่พบการปนเปื้อนของ E.coli และ Salmonella spp. และจากข้อมูลการศึกษาวิจัยของ สิลานุช สุเทพารักษ์ (2556) เรื่อง การประเมินคุณภาพน้ำจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ โดยศึกษาเพื่อประเมินสถานการณ์ความปลอดภัยของน้ำที่ผลิตจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ โดยอาศัยความตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 362 พ.ศ. 2556 เรื่องน้ำบริโภคจากตู้น้ำดื่มอัตโนมัติ โดยมีตรวจคุณภาพน้ำก่อนเข้าและน้ำที่ผ่านตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ สำรวจสภาพสุขภาพิบาลและการดูแลรักษาตู้ ตัวอย่างตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญจำนวน 354 ตู้ ในพื้นที่เทศบาลนครเชียงราย เทศบาลนครระยอง เทศบาลอุบลราชธานี และเทศบาลนครหาดใหญ่ พบว่า แหล่งน้ำดิบทั้งหมดของการให้บริการตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญเป็นน้ำประปาคุณภาพน้ำดิบก่อนเข้าผ่านเกณฑ์มาตรฐานของน้ำบริโภคร้อยละ 80.51 ในขณะที่น้ำที่ผลิตจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญผ่านเกณฑ์มาตรฐานของน้ำบริโภคร้อยละ 94.35 พารามิเตอร์ที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทางเคมีคือค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าความกระด้าง (Hardness) และพารามิเตอร์ที่ไม่ผ่านมาตรฐานทางชีวภาพ คือ มีโคลิฟอร์มแบคทีเรีย มากกว่า 2.2 MPN/100 ml และพบ E.coli สภาพสุขภาพิบาลของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอยู่ในระดับดีร้อยละ 53.95 และอยู่ในระดับปานกลางร้อยละ 25.99 สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอย่างมีนัยสำคัญทาง

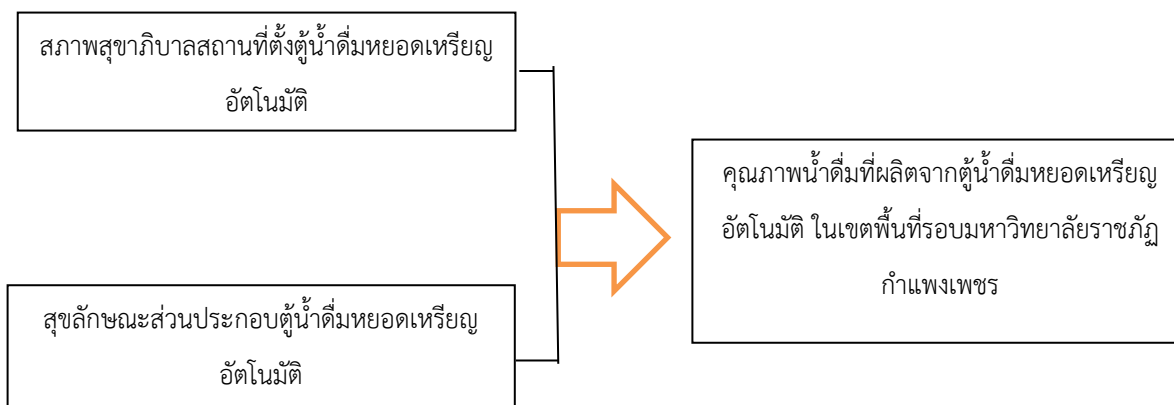
สถิติคือสภาพแวดล้อมสถานที่ตั้งไม่เหมาะสม ช่องจ่ายน้ำไม่มีประตูเปิด-ปิด หรือชำรุดหัวจ่ายน้ำมีตะไคร่และการขาดการดูแลระบบกรองไม่เปลี่ยนไส้กรองตามรอบระยะเวลาส่งผลต่อคุณภาพน้ำดื่มหยอดเหรียญไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำบริโภค

จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติบางแห่งมีคุณภาพไม่ปลอดภัยและไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน สภาพสุขาภิบาลและสภาพแวดล้อมรอบสถานที่ตั้งไม่เหมาะสม พบการปนเปื้อนของแบคทีเรียและจำนวนโคลิฟอร์ม และในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร มีการประกอบกิจการตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติเพิ่มจำนวนมากขึ้น กระจายอยู่ตามหอพักและชุมชนที่พักอาศัยเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเป็นแหล่งของสถานศึกษาและเขตชุมชน โดยมีนักศึกษาและประชาชนจำนวนมากใช้บริการตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงทำการสำรวจสภาพสุขาภิบาลและสิ่งแวดล้อมรอบที่ตั้งตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติและศึกษาคุณภาพของน้ำที่ผลิตจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ซึ่งจะทำให้ผู้บริโภคในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรได้รับข้อมูลของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ และเลือกใช้บริการตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติได้อย่างปลอดภัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสำรวจสภาพสุขาภิบาลและสิ่งแวดล้อมรอบที่ตั้งตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
2. เพื่อศึกษาคุณภาพของน้ำดื่มที่ผลิตจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

กรอบแนวคิดในการวิจัย



วิธีการดำเนินการวิจัย

1. สํารวจสภาพสุขภาพิบาลและสิ่งแวดลอมรอบที่ตั้งตุนํ้าดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกาแพงเพชร ตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกาแพงเพชร โดยใช้แบบสํารวจข้อมูลตุนํ้าดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกาแพงเพชร ตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกาแพงเพชรในรัศมี 7 กิโลเมตร เพื่อให้ทราบถึงจำนวน สถานที่ตั้งและสภาพสุขภาพิบาลและสิ่งแวดลอมรอบที่ตั้งของตุนํ้าดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ และสุขลักษณะส่วนประกอบตุนํ้าดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ

2. ศึกษาคุณภาพของนํ้าดื่มที่ผลิตจากตุนํ้าดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกาแพงเพชร

2.1 วิธีการเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างบริเวณหัวจ่ายนํ้าของตุนํ้าดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติที่ติดตั้งในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกาแพงเพชร โดยมีวิธีการเก็บตัวอย่างดังนี้คือ

1. กदनํ้าใส่ขวดที่ผ่านการฆ่าเชื้อ สําหรับใส่ตัวอย่าง เนื่องจากสถานการณ์จริงผู้บริโภคนํ้าใสภาชนะทันทีโดยไม่กदनํ้าทิ้งเพื่อไล่นํ้าค้างทอ โดยทำการเช็ดมือผู้เก็บตัวอย่างด้วยแอลกอฮอล์ร้อยละ 75 ปิดฝาขวดโดยไม่ให้มือสัมผัสบริเวณผิวด้านในของขวด แล้วนํ้าไปรองนํ้าจากหัวจ่ายนํ้า ปิดฝาขวดให้สนิท

2. ติดฉลากรายละเอียดไว้ข้างขวดตัวอย่าง ได้แก่ รหัสตัวอย่างและสถานที่ที่เก็บตัวอย่าง

3. นํ้าตัวอย่างไปตรวจวัดค่าคุณภาพต่างๆ ภายใน 24 ชั่วโมง

2.2 วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

2.3 วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

2.3.1 ตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ที่มีทั้งหมด (Total viable count) ใช้วิธี Standard plate count (Bacteriological Analytical Manual, 2001 อ้างโดย สุธีรา ศรีสุข และภารตี พลไชย, 2559)

1. ตัวอย่างนํ้าที่ผ่านจากตุนํ้าดื่มหยอดเหรียญ ให้เป็นตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 101

2. เจือจางตัวอย่าง โดยเขย่าขวดเพื่อให้เชื้อกระจายทั่วขวด ปิเปิดตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดที่มีสารละลาย Peptone Water (0.1% Peptone ที่มี NaCl ผสมอยู่ 0.85%) 90 มิลลิลิตร เขย่าให้ตัวอย่างเข้ากัน ซึ่งตัวอย่างจะถูกเจือจางลง 10 เท่า จะได้ตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 10⁻¹

3. ทำการเจือจางตัวอย่างต่อโดย ปิเปิดตัวอย่างสารละลายจากความเข้มข้น 10⁻¹ มา 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลาย Peptone Water (0.1% Peptone ที่มี NaCl ผสมอยู่ 0.85%) 9 มิลลิลิตร เขย่าให้ตัวอย่างเข้ากัน จะได้ตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 10⁻²

4. นำตัวอย่างน้ำที่มีความเข้มข้น 101, 10-1 และ 10-2 บีบตัวอย่างน้ำ 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว

5. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar จำนวน 15-20 มิลลิลิตรต่อหนึ่งจานเพาะเชื้อ (ทำ 3 ซ้ำ) หมุนจานเพาะเชื้อเพื่อให้ตัวอย่างผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อและกระจายเท่ากัน รอให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง

6. นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง จากนั้นจึงนับจำนวนโคโลนี และรายงานผลการวิเคราะห์

การนับจำนวนโคโลนี ใช้สูตร รายงานค่าในหน่วย CFU/ml เลือกระดับการเจือจางติดกันเพียง 2 ระดับ ซึ่งมีโคโลนีบนเพลทอยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี

$$\text{สูตร APC} = \Sigma C / \{ [(1 \times n_1) + (0.1 \times n_2)] \times d \}$$

ΣC คือ ผลรวมจำนวนโคโลนีทั้งหมดจากทุกเพลทที่สามารถนับได้

n_1 คือ จำนวนเพลทที่สามารถนับโคโลนีได้เมื่อใช้สารละลายตัวอย่างที่มีการเจือจางน้อย

n_2 คือ จำนวนเพลทที่สามารถนับโคโลนีได้เมื่อใช้สารละลายตัวอย่างที่มีการเจือจางมากขึ้น

d คือ ความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง n_1

2.3.2 ตรวจวิเคราะห์อีโคไลและโคลิฟอร์ม โดยใช้ชุดตรวจ MC-Media E.coli & Coliform บริษัท Merck, Germany

1. เปิดถุงอลูมิเนียมแล้วถอด MC-Media Pad ออก เขียนรหัสตัวอย่างลงบนแผ่นฟิล์ม

2. ยกแผ่นฟิล์มใส บีบตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 10^1 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงบนแผ่นทดสอบ (ให้ยกฝาครอบฟิล์มตามแนวทแยงมุมเพื่อให้ง่ายต่อการปิดผนึกใหม่และปลอดภัย)

3. ปิดแผ่นฟิล์ม และกดขอบของฟิล์มเพื่อปิดเบา ๆ

4. นำแผ่นทดสอบไปบ่ม ที่อุณหภูมิ 35 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ± 2 ชั่วโมง จากนั้นจึงนับจำนวนโคโลนี และรายงานผลการวิเคราะห์

การจําแนกนับโคโลนีทั้งหมด (สีฟ้า/สีเขียวอมฟ้า) ให้นับเป็นโคลิฟอร์มแบคทีเรีย สำหรับการนับอีโคไล ควรนับเฉพาะสีม่วง หากมีโคโลนีขึ้นจำนวนมากจนไม่สามารถนับได้ ให้นับโคโลนีในหนึ่งตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสและคูณด้วย 20 ถ้ามีจุลินทรีย์มากกว่า 104 ตัวเจริญเติบโตขึ้นบนแผ่นทดสอบทั้งหมดจะปรากฏเป็นคราบ หากนับจำนวนโคโลนีไม่ได้นี้ให้เจือจางตัวอย่างเพิ่มเติมและทดสอบอีกครั้ง

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการสำรวจสภาพสุขาภิบาลและสิ่งแวดล้อมรอบที่ตั้งตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร

1.1 สภาพสุขาภิบาลและสิ่งแวดล้อมรอบที่ตั้งตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ

จากการสำรวจข้อมูลตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร ในรัศมี 7 กิโลเมตร พบว่ามีจำนวนตู้น้ำดื่มจำนวน 35 ตู้ ซึ่งส่วนใหญ่มีสภาพสุขาภิบาลและสิ่งแวดล้อมรอบที่ตั้งตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ระดับดี ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สภาพสุขาภิบาลสถานที่ตั้งตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ (N=35)

สภาพสุขาภิบาล	ระดับความเหมาะสม		
	ดี	พอใช้	ปรับปรุง
1) บริเวณโดยรอบไม่มีสิ่งของที่ใช้แล้วสะสมอยู่	33(94.28)	1(2.86)	1(2.86)
2) ไม่มีสิ่งปฏิกูลหรือขยะอันอาจเป็นแหล่งเพาะพันธุ์สัตว์แมลง และเชื้อโรคต่างๆ ได้	32(91.43)	0(0)	3(8.57)
3) ไม่มีน้ำขังและสิ่งสกปรกสะสมอยู่	29(82.86)	1(2.86)	5(14.28)
4) ไม่เป็นที่สะสมของวัสดุมีพิษหรือมีวัตถุมีพิษอยู่บริเวณตู้	35(100)	0(0)	0(0)
5) ไม่มีฝุ่น คิว และกลิ่นที่ผิดปกติ	20(57.15)	10(28.57)	5(14.28)
6) มีท่อระบายน้ำ และการระบายน้ำที่เหมาะสม	35(100)	0(0)	0(0)
7) ความเหมาะสมของจุดที่ตั้งตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ	34(97.14)	1(2.86)	0(0)
8) ความสะอาดภายนอกของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ	26(74.28)	1(2.86)	8(22.86)

9) มาตรฐานของหัวจ่ายน้ำตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ อัตโนมัติจะต้องอยู่สูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 60 เซนติเมตร	35(100)	0(0)	0(0)
------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------	------	------

จากตารางที่ 1 พบว่าประเด็นด้านบริเวณโดยรอบตู้ไม่มีสิ่งของที่ใช่แล้วสะสมอยู่ มีตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ มีสภาพระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับดี 33 ตู้ ระดับพอใช้ 1 ตู้ และระดับที่ปรับปรุง 1 ตู้ ประเด็นไม่มีสิ่งปกคลุมหรือขยะอันอาจเป็นแหล่งเพาะพันธุ์สัตว์ แมลง และเชื้อโรคต่างๆ ได้ มีสภาพระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับดี 32 ตู้ และระดับที่ปรับปรุง 3 ตู้ ประเด็นไม่มีน้ำขังและสิ่งสกปรกสะสมอยู่ มีสภาพระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับดี 29 ตู้ ระดับพอใช้ 1 ตู้ และระดับที่ปรับปรุง 5 ตู้ ประเด็น ไม่เป็นที่สะสมของวัสดุมีพิษหรือมีวัตถุมีพิษอยู่บริเวณตู้พบว่า ทุกตู้มีระดับความเหมาะสมในระดับดี ประเด็น ไม่มีฝุ่น คิว และกลิ่นที่ผิดปกติ พบว่า มีตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ มีสภาพระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับดี 20 ตู้ ระดับพอใช้ 10 ตู้ และระดับที่ปรับปรุง 5 ตู้ ประเด็น มีท่อระบายน้ำ และการระบายน้ำที่เหมาะสม พบว่า ทุกตู้มีระดับความเหมาะสมในระดับดี ประเด็น ความเหมาะสมของจุดที่ตั้งตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ พบว่า มีตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ มีสภาพระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับดี 34 ตู้ ระดับพอใช้ 1 ตู้ ประเด็น ความสะอาดภายนอกของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ พบว่า ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ มีสภาพระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับดี 26 ตู้ ระดับพอใช้ 1 ตู้ และระดับที่ปรับปรุง 8 ตู้ และประเด็น มาตรฐานของหัวจ่ายน้ำตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติจะต้องอยู่สูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 60 เซนติเมตร พบว่า ทุกตู้มีระดับความเหมาะสมในระดับดี

1.2 สุขลักษณะส่วนประกอบในตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ จากการสำรวจสภาพส่วนประกอบในตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สุขลักษณะส่วนประกอบตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ (N=35)

สภาพสุขภาพ	ระดับความเหมาะสม		
	ดี	พอใช้	ปรับปรุง
1) หัวจ่ายน้ำ			
-ความสะอาดของหัวจ่ายน้ำไม่มีคราบสกปรกและตะไคร่น้ำ	34(97.14)	1(2.86)	0(0)

-อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตหัวจ่ายน้ำ	35(100)	0(0)	0(0)
-สภาพพร้อมใช้งานของหัวจ่ายน้ำ	35(100)	0(0)	0(0)
2) แท่นบรรจุ			
-			
ความสะอาดของแท่นบรรจุไม่มีคราบสกปรกและตะไคร่น้ำ	14(40.00)	3(8.57)	18(51.43)
-อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตแท่นบรรจุ	35(100)	0(0)	0(0)
-สภาพพร้อมใช้งานของแท่นบรรจุ	34(97.14)	0(0)	1(2.86)
-มีประตูปิดช่องจ่ายน้ำ	32(91.43)	0(0)	3(8.57)
-ความสะอาดประตูเปิด-ปิดช่องจ่ายน้ำ	32(91.43)	3(8.57)	0(0)
-สภาพพร้อมใช้งานประตูปิดช่องจ่ายน้ำ	31(88.57)	2(5.71)	2(5.71)
-ความสะอาดของท่อน้ำ	35(100)	0(0)	0(0)
-อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตท่อน้ำ	35(100)	0(0)	0(0)
-สภาพพร้อมใช้งานของท่อน้ำ	35(100)	0(0)	0(0)

จากตารางที่ 2 พบว่าสุขลักษณะส่วนประกอบตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ในภาพรวมมีสภาพอยู่ระดับดี เป็นส่วนใหญ่ โดยประเด็นที่หัวจ่ายน้ำจะมีความสะอาดของหัวจ่ายน้ำไม่มีคราบสกปรกและตะไคร่น้ำ จำนวน 34 ตู้ อยู่ในระดับดี และมี 1 ตู้อยู่ในระดับพอใช้ ส่วนอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตหัวจ่ายน้ำและสภาพพร้อมใช้งานของหัวจ่ายน้ำ อยู่ในระดับดีทั้ง 35 ตู้ ในส่วนของแท่นบรรจุพบว่า ความสะอาดของแท่นบรรจุไม่มีคราบสกปรกและตะไคร่น้ำ ตู้ส่วนใหญ่ อยู่ในระดับที่ปรับปรุง มีทั้งหมด 18 ตู้ ซึ่งเกิดจากความชื้นสะสมของน้ำที่ค้างจากหัวจ่ายน้ำ และผู้บริโภคนำมาใช้บริการตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัตินำขวดหรือภาชนะที่มีกั้นภาชนะไม่สะอาดมารองน้ำบนแท่นบรรจุ โดยไม่ทำความสะอาดหลังใช้ทำให้แท่นบรรจุเปื้อนและมีความชื้นสะสมจนเกิดคราบสกปรกและตะไคร่น้ำ ส่วน

อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตแทนบรรจุทุกตู้อยู่ในระดับดี สภาพพร้อมใช้งานของแทนบรรจุ สภาพระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับดี 34 ตู้ ระดับที่ปรับปรุง 1 ตู้ มีประตูปิดช่องจ่ายน้ำ สภาพระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับดี 32 ตู้ ระดับที่ปรับปรุง 3 ตู้ ความสะอาดประตูเปิด-ปิดช่องจ่ายน้ำ สภาพระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับดี 32 ตู้ ระดับที่พอใช้ 3 ตู้ สภาพพร้อมใช้งานประตูปิดช่องจ่ายน้ำ สภาพระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับดี 31 ตู้ ระดับที่พอใช้ 2 ตู้ และระดับที่ปรับปรุง 2 ตู้ ส่วนประเด็นเรื่องความสะอาดของท่อน้ำ อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตท่อน้ำ และสภาพพร้อมใช้งานของท่อน้ำ พบว่าทุกตู้มีสภาพเหมาะสมในระดับดี

2. ผลการศึกษาคุณภาพของน้ำดื่มที่ผลิตจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ ในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร

2.1 คุณภาพทั่วไป

ผลการตรวจสอบคุณภาพทั่วไปของตัวอย่างน้ำดื่มจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ จำนวน 35 ตัวอย่าง พบว่า ตัวอย่างน้ำทุกตัวอย่างมีลักษณะใส ไม่มีกลิ่น

2.2 คุณภาพทางเคมี วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

จากการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของตัวอย่างน้ำดื่มจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ จำนวน 35 ตัวอย่าง พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วงระหว่าง 6.50-7.98 คุณภาพน้ำเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมน้ำบริโภค (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549) ซึ่งกำหนดให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.5-8.5 โดยมีตัวอย่างน้ำจำนวน 35 ตัวอย่าง ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกตัวอย่าง ดังตารางที่ 3 เนื่องจากแหล่งน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำดื่มจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ ใช้น้ำประปาส่วนภูมิภาค ซึ่งมีมาตรฐานคุณภาพน้ำประปา ค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ที่ 6.5-8.5 และตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติใช้ระบบการกรองน้ำตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติที่เป็นระบบการกรองแบบรีเวอร์สออสโมซิส น้ำที่ได้จากการกรองมีคุณภาพที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด

2.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

จากการตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ของตัวอย่างน้ำดื่มจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ จำนวน 35 ตัวอย่าง พบว่า ไม่พบปริมาณจุลินทรีย์ที่มีทั้งหมด ในทุกตัวอย่างที่ทำการศึกษา และการตรวจวิเคราะห์หาโคลิฟอร์มและอีโคไล ในน้ำดื่มจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ ทั้ง 35 ตัวอย่าง โดยชุดทดสอบ Coliform & E.coli พบว่า ไม่พบเชื้อโคลิฟอร์มและอีโคไลในทุกตัวอย่างที่ทำการศึกษาเช่นกัน ดังตารางที่ 3 ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการผลิตน้ำดื่มจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติมีกระบวนการผลิตโดยใช้น้ำประปาเข้าไปในระบบการกรองแบบรีเวอร์สออสโมซิสโดยจะผ่านการกรองขั้นต้นด้วยไส้กรองคาร์บอนและไส้กรองใยสังเคราะห์

ตารางที่ 3 คุณภาพของน้ำดื่มที่ผลิตจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ

ตัวอย่างที่	ค่าความเป็นกรด	TVC	<i>E.coli</i> & Coliform	ผลตามมาตรฐาน ฐาน
	-ต่าง (pH)	(CFU/ml)	(MPN/100ml)	
	(6.5-8.5)*	(ไม่เกิน 500)*	(ไม่พบ)*	
1	7.49	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
2	7.71	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
3	7.05	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
4	7.47	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
5	7.26	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
6	7.52	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
7	7.35	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
8	7.25	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
9	7.34	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
10	7.98	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
11	7.83	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
12	7.34	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
13	7.11	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
14	7.69	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์

15	7.52	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
16	7.50	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
17	7.59	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
18	7.54	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
19	7.52	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
20	7.55	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
21	7.47	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
22	7.94	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
23	7.75	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
24	7.70	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
25	6.88	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
26	6.65	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
27	7.27	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
28	6.98	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
29	6.50	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
30	6.75	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
31	6.68	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
32	6.68	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์

33	6.60	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
34	6.62	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
35	6.87	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์

หมายเหตุ: *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภคกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2549

สรุป

จากการสำรวจสภาพสุขาภิบาลและสิ่งแวดล้อมรอบที่ตั้งตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ และศึกษาคุณภาพน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร จำนวน 35 ตัวอย่าง สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ผลการสำรวจสภาพสุขาภิบาลและสิ่งแวดล้อมรอบที่ตั้งตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ สำรวจสภาพสุขาภิบาลและสิ่งแวดล้อมรอบที่ตั้งตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร พบว่า สภาพสุขลักษณะสถานที่ตั้งและส่วนประกอบต่างๆ ของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอยู่ในระดับดี แต่ยังมีบางส่วนที่มีสภาพไม่เหมาะสม เช่น มีการตั้งตู้น้ำดื่มบริเวณที่ใกล้กับถนน ไม่มีหลังคาป้องกันแสงแดด ตั้งอยู่ใต้อาคารบริเวณที่จอดรถจักรยานยนต์ อาจทำให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ระบบการผลิตน้ำได้โดยเฉพาะหัวจ่ายน้ำ ประตูเปิด-ปิดช่องจ่ายน้ำ ถังเก็บน้ำกรอง บางตู้ขาดการดูแลล้างทำความสะอาดทำให้เกิดตะไคร่น้ำเกาะที่หัวจ่ายหรือบางตู้ประตูชำรุดสกปรกอาจเสี่ยงต่อการปนเปื้อนเชื้อโรคสู่กระบวนการผลิตน้ำได้
2. ผลการศึกษาคุณภาพของน้ำดื่มที่ผลิตจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ ในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร เมื่อพิจารณาคุณภาพน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ พบว่า มีคุณภาพในค่า ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณโคลิฟอร์มและอีโคไล ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้ง 35 ตัวอย่าง

ข้อเสนอแนะ

1. ผู้ประกอบการควรดูแลความสะอาดอุปกรณ์และส่วนประกอบของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติเป็นประจำ ตามระยะเวลาที่กำหนด
2. ผู้จำหน่ายตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ควรเปลี่ยนไส้กรอง และการตรวจสอบคุณภาพน้ำตามระยะเวลาที่กำหนด

เอกสารอ้างอิง

กัญญา กอแก้ว, วรรณดี แสงดี, ดารานัย รมเมือง และกานดาวิ โนชัย. (2558).

สำรวจการปนเปื้อนของจุลินทรีย์จากน้ำดื่มตู้หยอดเหรียญในเขตอำเภอพระนครศรีอยุธยา.

รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

ทิพวรรณ เมืองเสน. (ม.ป.ป.). “ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ” เป็นสินค้าที่ควบคุมฉลาก.

กองเผยแพร่และประชาสัมพันธ์.

นรา ระวาดชัย. (2555). ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำดื่มจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ.

วิทยานิพนธ์สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาอนามัยสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ลีลานุช สุเทพรักษ์. (2556). การประเมินคุณภาพน้ำจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ.

กรมอนามัย.กระทรวงสาธารณสุข.

สุธีรา ศรีสุข และภารดี พลไชย. (2559, กรกฎาคม - ธันวาคม). คุณภาพน้ำทางจุลินทรีย์ของน้ำบริโภค จากตู้

น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติในเขตเทศบาลนครยะลา. ว. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

8(2), 281-282.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2549). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค (มอก.257-

2547). สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ..

การศึกษาสารพฤกษเคมีเบื้องต้น ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และองค์ประกอบทางเคมี ของน้ำมันหอมระเหยจากหัวกระเทียมด้วยเทคนิค GC-MS

Phytochemical Screening, Antioxidant Activity and Chemical Composition of Essential Oil Using Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS) from Zingiber zerumbet (L.) Smith

สุกิจ ทองแบน¹, วาสนา ประภาเลิศ², อัครสิทธิ์ บุญส่องแท้³,
กัญญ์วรา หล่ายข้าม⁴ และ รุ่งทิพย์ กาวารี⁵

Sukit Thongbaen Wasana Prapalert Akharasit Bunsongthae
Kunwara Laikharn and Rungtip Kawaree

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารพฤกษเคมีเบื้องต้น ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเบื้องต้นของน้ำมันหอมระเหยและการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากหัวกระเทียมด้วยเทคนิค GC-MS ผลจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของสารสกัดเอทานอลของหัวกระเทียมพบซาโปนิน แอลคาลอยด์ แอนทราควิโนน แทนนิน และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ น้ำมันหอมระเหยมีลักษณะใส ไม่มีสี และมีกลิ่นฉุนเฉพาะ คิดเป็นร้อยละ 0.13% w/w ซึ่งเมื่อนำน้ำมันหอมระเหยที่ได้มาทดสอบการต้านอนุมูลอิสระเบื้องต้นด้วยเทคนิค TLC Screening for DPPH Radical Scavenger พบว่ามีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค GC-MS ของน้ำมันหอมระเหย พบว่ามีองค์ประกอบทางเคมีมากกว่า 50 ชนิด ซึ่งมีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ 3-Cyclohexen-1-ol, Sabinene, Bicyclo[3.1.1]heptane, 2,6,10-Cycloundecatrien-1-one, 9-Octadecenamide, Oleic acid, Benzene and derivative, 1, 8-Cineole, alpha-Pinene และ alpha-Humulene

คำสำคัญ : ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ กระเทียม น้ำมันหอมระเหย

¹ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

² ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

³ โรงเรียนจิตราริทยา เชียงใหม่

⁴ สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ email : sukij@g.cmru.ac.th

Abstract

The aim of this study is to screen the phytochemical content, antioxidant activity and chemical composition of essential oil from Zingiber zerumbet using GC-MS. It was found that, phytochemical screening of ethanol extract was found to contain saponins, alkaloids, anthraquinone, tannins and cardiac glycosides. The essential oil was clear, colorless with a distinctive odor. The percentage yield of essential oil was 0.13% w/w. TLC Screening for DPPH Radical Scavenger showed antioxidant activity. The study of chemical composition of essential oils by GC-MS technique was found that the essential oil contained more than 50 chemical components. The main components were 3-Cyclohexen-1-ol, Sabinene, Bicyclo[3.1.1]heptane, 2,6,10-Cycloundecatrien-1-one, 9-Octadecenamide, Oleic acid, Benzene and derivative, 1, 8-Cineole, alpha-Pinene and alpha-Humulene.

Keyword : Zingiber zerumbet, antioxidant, essential oil

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความอุดมสมบูรณ์ไปด้วยพืชสมุนไพรนานาชนิด ซึ่งสมุนไพรเหล่านี้มีความแตกต่างกันในแต่ละเขตพื้นที่ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะภูมิอากาศ ความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ และสิ่งที่น่าสนใจคือพืชสมุนไพรพื้นบ้านในแต่ละท้องถิ่นมีคุณสมบัติที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของตนเอง ถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการประกอบอาหาร และเป็นส่วนประกอบในยาสมุนไพรพื้นบ้าน (จันทร์เพ็ญ โคตรภูธร, 2559) กระจับปี่เป็นพืชสมุนไพรที่อยู่ในวงศ์ขิง ข่า เป็นไม้ล้มลุก มีเหง้าใต้ดิน ใบเดี่ยวรูปรียาว ขอบใบเรียบ ก้านใบเป็นกาบหุ้มลำต้น ดอกออกเป็นช่อกลมรูปทรงกระบอก มีใบประดับสีเขียวแกมแดงเรียงซ้อนกันเป็นระเบียบ ดอกสีเหลือง ผลเป็นผลแห้งแตกได้รูปทรงค่อนข้างกลมสีแดง เหง้าสดหรือหัวสดรสขมปร่า บำรุงน้ำนม รักษาอาการท้องอืดเพื่อ แน่น จุกเสียด และปวดท้อง แก้วปดมวนในท้อง แก้วปด ขับผายลม ขับปัสสาวะ ใช้เหง้าหมกไฟผสมน้ำปูนใส แก้วปดปวดเบ่ง แก้วเสมหะเป็นพิษ แก้วแน่นหน้าอก ขับน้ำย่อย ต้นรสขมขึ้น เจริญอาหาร ไบรสมขมขึ้นเล็กน้อย ขับน้ำควาปลา ดอกรสขมขึ้น แก้วไขเรือรัง ไขจับสั้น ไขตัวเย็น (กรมการแพทย์แผนไทย และการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข, 2560) นำไปใช้ปรุงยาสมุนไพรโดยการนำเหง้าไปฝนทาแก้เคล็ดขัดยอก ฟกบวม แก้วปดสมานลำไส้และยังช่วยแก้อาการท้องอืดท้องเฟ้อ หรือทำเป็นยารักษาโรค และทำอาหารได้ เช่น นำยอดอ่อนมาใช้ในการประกอบอาหารจำพวกผัดเผ็ดต่าง ๆ ส่วนหน่ออ่อนใช้รับประทานสดหรือลวกจิ้มน้ำพริกหรือรับประทานเป็นผักคู่กับอาหาร

ในปัจจุบันมีการนำไปใช้ทำเป็นน้ำมันหอมระเหย หรือเป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์บางชนิด (Keita และคณะ, 2543)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นเพื่อสกัดน้ำมันหอมระเหยฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเบื้องต้นของน้ำมันหอมระเหยและศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยด้วยเทคนิค GC-MS เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นของแนวทางในการทำผลิตภัณฑ์จนนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ ต่อไปได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสกัดสารสำคัญจากหัวกระทือ
2. เพื่อศึกษาสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของหัวกระทือ
3. เพื่อศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเบื้องต้นของน้ำมันหอมระเหยจากหัวกระทือ
4. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากหัวกระทือด้วยเทคนิค Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)

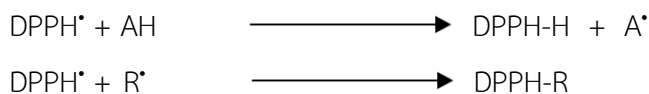
เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

สารประกอบทางเคมีในพืชสมุนไพร สามารถแบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ 1) สารเมแทบอไลต์ปฐมภูมิ (Primary metabolite) เป็นสารที่ได้มาจากระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis) รวมทั้งสารอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการ นอกจากนี้ยังมีการหายใจ (Respiration) ที่มีสารประกอบต่าง ๆ เกิดขึ้นมากมาย และมีการสร้างพลังงานด้วย ได้แก่ สารพวก คาร์โบไฮเดรต ไขมัน กรดอะมิโน โปรตีน เพียวรีน และไพริมิดีน 2) สารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิ (Secondary metabolite) เป็นสารที่ได้มาจากการนำสารเมแทบอไลต์ปฐมภูมิ มาเข้าสู่กระบวนการชีวสังเคราะห์ เพื่อสร้างสารชนิดต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิต ได้แก่ สารพวก อัลคาลอยด์ (Alkaloids) แอนทราควิโนน (Anthraquinone) ฟีนอลิก (Phenolics) แทนนิน (Tannin) น้ำมันหอมระเหย (Essential oil) เทอร์พีนอยด์ (Terpenoid) ไกลโคไซด์ (Glycosides) เป็นต้น ส่วนใหญ่สารพวกเมแทบอไลต์ทุติยภูมิจะมีสรรพคุณทางยา (รักบ้านเกิด, 2563)

การตรวจสอบสารสำคัญทางพฤกษเคมีเบื้องต้น (Phytochemical Screening) เป็นวิธีการตรวจสอบสารสกัดในพืช เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นว่ามีสารเคมีกลุ่มใดบ้างที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (Pharmacological action) เช่น กลุ่มแอลคาลอยด์ (Alkaloids) กลุ่มไกลโคไซด์ (Glycosides) เป็นต้น โดยมีการตรวจสอบด้วยปฏิกิริยาสีหรือการเกิดตะกอน ใช้ปฏิกิริยาทางเคมีง่าย ๆ ซึ่งจะให้ผลเป็นสีต่าง ๆ หรือเกิดการขุ่น หรือ เกิดตะกอน วิธีการตรวจสอบเบื้องต้น (Preliminary test) นี้เป็นวิธีที่ง่าย รวดเร็ว มีความไวสูง แต่ไม่จำเพาะเจาะจง

กับกลุ่มสารเคมีที่ต้องการ สารสำคัญแต่ละชนิดจะไวต่อน้ำยาตรวจสอบไม่เท่ากัน จึงต้องระมัดระวังเรื่องปริมาณน้ำยาตรวจสอบที่ใช้ (รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547)

การทดสอบการต้านอนุมูลอิสระเบื้องต้นด้วยเทคนิค TLC Screening for DPPH Radical Scavenger เป็นการทดสอบสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยการพ่นสารละลาย DPPH ลงไปที่ แผ่น TLC ตำแหน่งของสารที่ทำปฏิกิริยากับ DPPH Radical จะทำให้สีม่วงของ DPPH หายไปจึงปรากฏการฟอกจางสีของสารบนพื้น Silica gel บนแผ่น TLC (อภิสร่า อินทร์รังษี, 2555) ซึ่ง DPPH เป็นสารอนุมูลอิสระที่เสถียร (Stable Radical) ในตัวทำละลายเมทานอล สารละลายมีสีม่วง ดูดกลืนแสงที่ 515-517 nm โดย DPPH• จะเกิดปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant, AH) หรือกับอนุมูลอิสระ (Radical Species, R•)



เมื่อ DPPH• ทำปฏิกิริยากับสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สีของสารละลายสีม่วงจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง โดยเปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้เป็นมาตรฐาน ถ้าตัวอย่างมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันได้สูงความเข้มของสารละลายสีม่วงจะลดลง (พรรณี เค้นรุ่งเรือง, 2550)

น้ำมันหอมระเหย เป็นสารอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบซับซ้อนได้จากการที่พืชสมุนไพรสร้างขึ้น โดยเก็บไว้ในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น เมล็ด ดอก ใบ ผล เปลือก ลำต้น หรือที่ราก และเหง้า เป็นต้น มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสีหรือมีสีอ่อน ๆ มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว ระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิปกติ เมื่อได้รับความร้อนจะระเหยได้ดียิ่งขึ้น กลิ่นของน้ำมันหอมระเหยมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไปขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในพืชแต่ละชนิด เช่น น้ำมันตะไคร้หอม ประกอบด้วย Geraniol, Citronella และ Borneol ทำให้มีคุณสมบัติในการไล่แมลง หรือน้ำมันตะไคร้หอมประกอบด้วย Citral, Linalool และ Geraniol ซึ่งทำให้มีคุณสมบัติช่วยในการขับลม แก้อุจจาระเสีย (พัชรินทร์ อินทร์ทอง, 2555)

GC-MS เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ชนิดขององค์ประกอบที่มีอยู่ในสารได้อย่างค่อนข้างแม่นยำโดยอาศัยการเปรียบเทียบกับ Fingerprint ของเลขมวล (Mass number) ของสารตัวอย่างนั้น ๆ กับข้อมูลที่มีอยู่ นอกจากนี้เทคนิคนี้ยังสามารถในการวิเคราะห์ได้ทั้งในเชิงปริมาณ (Quantitative analysis) และในเชิงคุณภาพ (Qualitative analysis) ได้อย่างถูกต้อง Mass Spectrometer เป็น Detector ที่ใช้ตรวจวัดองค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง โดยอาศัยกลไกคือโมเลกุลขององค์ประกอบที่ถูกแยกออกมาจากสารตัวอย่างโดยเครื่อง GC นั้นจะถูกไอออไนซ์ในสถานะที่เป็นสุญญากาศแล้วตรวจวัดออกมาเป็นเลขมวล โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงและแปลผลออกมาเป็นชื่อขององค์ประกอบนั้น ๆ (ศุภชัย เครื่องมือกลาง หน่วยปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี, 2558)

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเก็บตัวอย่างพืช

กระเทียม (Zingiber zerumbet (L.) Smith) เก็บตัวอย่างจากบ้านสวนตาใจ (นายวิชัย ดุมนไม้) หมู่บ้านสะลงง เลขที่ 202/59 หมู่ 3 ตำบลสะลงง อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ ช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึง ธันวาคม ส่วนที่ใช้ในการทดลองคือ หัวหรือเหง้าสด

2. การเตรียมตัวอย่าง

นำหัวกระเทียม มาทำการแยกส่วนของลำต้น และใบออก คัดแยกส่วนหัวที่ไม่มีราสีงสปกรก ล้างทำความสะอาด สะเด็ดน้ำให้แห้ง

2.1 การเตรียมตัวอย่างพืชสดจากหัวกระเทียม

2.2 นำส่วนหัวกระเทียมมาหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำส่วนที่หั่นมาชั่งให้ทราบน้ำหนัก

2.3 ที่แน่นอนเพื่อนำไปสกัดน้ำมันหอมระเหย

การเตรียมตัวอย่างแบบแห้งจากหัวกระเทียม

นำส่วนหัวกระเทียมมาหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปผึ่งลม ทำให้แห้งด้วยอากาศ (Air Drying) ที่อากาศถ่ายเทสะดวก นาน 72 ชั่วโมงจนกระทั่งแห้ง นำไปบดให้เป็นผงละเอียดชั่งน้ำหนักที่แน่นอนเพื่อนำไปเตรียมสารสกัดหยาบ

3. การเตรียมสารสกัดหยาบหัวกระเทียม

นำหัวกระเทียมแบบแห้งมาสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล โดยวิธีการแช่หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน (2 รอบ) หลังจากนั้นทำการกรองสารละลายโดยใช้กระดาษกรอง นำสารละลายที่กรองได้ไประเหยด้วยเครื่องระเหยสารแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ ชั่งน้ำหนักสารสกัดหยาบที่ได้ เก็บสารสกัดในภาชนะปิดทึบแสงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น

4. การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น

โดยตรวจสอบสารพฤกษเคมีของตัวอย่างพืชสด เป็นการทดสอบ ซาโปนิน แอลคาลอยด์ และแอนทราควิโนน ส่วนสารสกัดหยาบเป็นการทดสอบแทนนินและคาร์ดิแอกไกลโคไซด์แสดงดังนี้

4.1 การตรวจสอบสารซาโปนิน (ดัดแปลงจากวัชรภรณ์ ประภาสะโนบล, 2561) ชั่งตัวอย่างพืชสดมา 10 กรัม เติม 40% เอทานอลลงไป 40 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 2-3 นาทีแล้วกรอง ได้สารสกัด เติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตรแล้วเขย่าจะทำให้เกิดฟองคงตัวประมาณ 30 นาที นำไปต้มให้เดือดแล้วกรอง นำของเหลวส่วนที่กรองมาเติมน้ำกลั่น 2-3 มิลลิลิตร เขย่าแรงๆ ถ้าปรากฏฟองถาวรเกิดขึ้นแสดงว่าพบซาโปนิน

4.2 การตรวจสอบหาสารแอลคาลอยด์ (ดัดแปลงจากรัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547) ชั่งตัวอย่างพืชสด มา 10 กรัม เติม 40% เอทานอลลงไป 40 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 2-3 นาที เติมกรดซัลฟิวริก (2% H₂SO₄) 15 มิลลิลิตร นำไปอุ่น 2-3 นาที กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำสารละลายที่ได้จากการกรอง เติมน้ำยาตราเจนดอร์ฟลงไป ถ้าปรากฏตะกอนสีส้มแดงเกิดขึ้นแสดงว่าพบแอลคาลอยด์

4.3 การตรวจสอบสารแอนทราควิโนน (ดัดแปลงจากวัชรภรณ์ ประภาสะโนบล, 2561) ชั่งตัวอย่างพืชสดมา 10 กรัม เติม 40% เอทานอลลงไป 40 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 2-3 นาที เติมกรดไฮโดรคลอริก (10% HCl) 2 มิลลิลิตร นำไปต้ม 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้สารละลายเย็นที่อุณหภูมิห้อง กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำสารละลายที่ได้จากการกรองสกัดด้วยไดคลอโรมีเทน 5 มิลลิลิตรแล้วนำชั้นไดคลอโรมีเทนเติมสารละลายแอมโมเนีย (10% NH₃) 1 มิลลิลิตร ถ้าปรากฏสารละลายเป็นสีชมพูแดงเกิดขึ้นแสดงว่าพบแอนทราควิโนน

4.4 การตรวจสอบสารแทนนิน (ดัดแปลงจากจุฑารัตน์ ศรีประเสริฐ, 2559) ชั่งสารสกัดหยาบมา 0.2 กรัม เติมเอทานอล 4 มิลลิลิตร นำไปอุ่นบนเครื่องอังไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรองเติมสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ (1% FeCl₃) จำนวน 5 หยด โดยหยดสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ทีละหยดแล้วเขย่า สังเกตการเปลี่ยนแปลงจนครบ 5 หยด ถ้าปรากฏสารละลายเป็นสีเขียวดำหรือน้ำเงินดำแสดงว่าพบแทนนิน

4.5 การตรวจสอบสารคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ (ดัดแปลงจากวาทีณี เสลร์ราษฎร์, 2559) ชั่งสารสกัดหยาบมา 0.2 กรัม เติมเอทานอลปริมาตร 4 มิลลิลิตร กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรองเติมสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ (1% FeCl₃) จำนวน 5 หยดแล้วเขย่า หยดกรดแอสติคเข้มข้นจำนวน 5 หยดแล้วเขย่า และหยดกรดซัลฟิวริกเข้มข้นจำนวน 12 หยดแล้วเขย่า ถ้าปรากฏวงแหวนสีน้ำตาลตรงรอยต่อระหว่างชั้นของสารสกัดกับกรดซัลฟิวริกแสดงว่าพบคาร์ดิแอกไกลโคไซด์

5. การสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีการกลั่นด้วยน้ำแบบไอน้ำ ชั่งตัวอย่างพืชสดมา 400 กรัม ใส่ลงในขวดก้นกลม เติมน้ำกลั่น 1,400 มิลลิลิตร แช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที ประกอบชุดกลั่นด้วยไอน้ำ แล้วทำการกลั่นน้ำมันหอมระเหยโดยค่อย ๆ ให้ความร้อนจนกลั่นเป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง จึงตูดน้ำมันหอมระเหยออก แยกเอาส่วนของน้ำมันหอมระเหยเก็บไว้ในขวดสีชาที่แห้งปิดฝาสนิทซึ่งน้ำหนักที่แน่นอนและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปทดสอบต่อไป

6. การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหย (ดัดแปลงจากหทัยชนก ชัยเมืองเขียว, 2556) จุดน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการสกัด ปริมาตร 1, 2 และ 3 μ L ตามลำดับ ลงบนแผ่นโครมาโทกราฟีผิวบาง 3 จุด แล้วพ่นสารละลาย DPPH ลงไปวางทิ้งไว้ให้แห้งสังเกตที่ตำแหน่งของน้ำมันหอมระเหยถ้าปรากฏการฟอกจางสีบนพื้นสีม่วงแสดงว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

7. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีน้ำมันหอมระเหยจากหัวกระทือด้วยเทคนิค GC-MS ทำโดยใช้ตัวอย่าง 30 μL ละลายในไดคลอโรมีเทน 570 μL (นลิน วงศ์ขัตติยะ และคณะ, 2559) สภาพของเครื่อง GC (ยี่ห้อ Agilent Technology, รุ่น GC 6890 A, USA) ใช้ปริมาณตัวอย่าง 1 μL ในส่วนของคอลัมน์ที่ใช้คือ HP- 5MS 30 m x 0.25 mm ID x 0.25 mm Film Thickness (Agilent Technology, HP-5MS, USA) ตั้งอัตราการไหลของก๊าซฮีเลียมเข้าคอลัมน์เป็น 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที ส่วนอุณหภูมิคอลัมน์ตั้งโปรแกรมโดยใช้อุณหภูมิเริ่มต้น 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นเพิ่มอัตราเร็ว 3 องศาเซลเซียสต่อนาทีจนถึงอุณหภูมิ 188 องศาเซลเซียส และเพิ่มอัตราเร็ว 20 องศาเซลเซียสต่อนาทีจนถึงอุณหภูมิ 280 องศาเซลเซียสคงที่อีก 3 นาที เวลาในการวิเคราะห์นาน 52.91 นาที ส่วนของ MS (Agilent Technology, MSP 5975C, USA) เป็น MS Quadrupole ที่ต่อกับ GC โดยตรง ซึ่งผ่านส่วนเชื่อมต่อ (Transfer Line) ที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 150 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของ Ion Source เป็น 230 องศาเซลเซียส ในระบบ Electron Impact Ionization (EI) โดยให้ผลการแยกองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยเป็น Total Ion Chromatogram (TIC) ในระบบ Scan Mode ใช้ในช่วง Mas 30 ถึง 500 AMU (Atomic Mass Unit) และการพิสูจน์เอกลักษณ์ขององค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยใช้การเปรียบเทียบสเปกตรัมกับสเปกตรัมมาตรฐานของ Wiley Version 8 Nite Liber

ผลการวิจัย

1. การเตรียมสารสกัดหยาบหัวกระทือ

ผลการสกัดหัวกระทือโดยวิธีการแช่หมักด้วยเอทานอลพบว่า สารสกัดหยาบที่ได้มีลักษณะสีน้ำตาลเข้มหนืด คิดเป็นร้อยละผลผลิต (% Yield) เท่ากับ 9.96

2. การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น

ผลการตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของตัวอย่างพืชสดพบซาโปนิน แอลคาลอยด์ และแอนทราควิโนน ส่วนสารสกัดหยาบ พบแทนนิน และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ แสดงผลการทดลองดังตาราง 1

ตาราง 1

การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของตัวอย่างพืชสด และสารสกัดหยาบจากหัวกระทือ

สารองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น	ตัวอย่างพืชสด	สารสกัดหยาบ
ซาโปนิน	+	
แอลคาลอยด์	+	
แอนทราควิโนน	+	
แทนนิน		+
คาร์ดิแอกไกลโคไซด์		+
หมายเหตุ + หมายถึง ทดสอบพบสาร		

3. การสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีการกลั่นด้วยน้ำแบบไอน้ำ

ผลการสกัดน้ำมันหอมระเหยเป็นเวลานาน 2 ชั่วโมงพบว่าได้น้ำมันหอมระเหยมีลักษณะใส ไม่มีสี และมีกลิ่นเฉพาะตัว คิดเป็นร้อยละของผลิตภัณฑ์ของน้ำมันหอมระเหยเท่ากับ 0.13% w/w

4. การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหย

ผลการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยเทคนิค TLC Screening for DPPH Radical Scavenger พบว่าน้ำมันหอมระเหยมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเนื่องจากเกิดการฟอกจางสีม่วงบนพื้นผิว Silica gel

5. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากหัวกระทือด้วยเทคนิค GC-MS

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย พบว่า มีองค์ประกอบทางเคมีมากกว่า 50 ชนิด ซึ่งมีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ 3-Cyclohexen-1-ol, Sabinene, Bicyclo[3.1. 1]heptane, 2,6,10-Cycloundecatrien-1-one, 9-Octadecenamide, Oleic acid, Benzene and derivatives, 1, 8-Cineole, alpha-Pinene และ alpha-Humulene แสดงดังตาราง 2

ตาราง 2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากหัวกระทือ

Peak	Components	Retention time	%
1	alpha-Thujene	4.87	0.55
2	alpha-Pinene	5.05	2.81
4	Sabinene	6.23	15.08
5	bicyclo [3.1.1] Heptane	6.30	8.38
6	beta-Myrcene	6.78	0.87
8	alpha-Terpinene	7.62	0.47
9	Benzene and derivatives	7.93	5.15
10	1,8-Cineole	8.16	3.57
18	p-Menth-2-en-1-ol	11.84	1.32
22	3-Cyclohexen-1-ol	14.32	25.99
35	alpha-Humulene	25.61	2.02
48	2,6,10-Cycloundecatrien-1-one	36.37	8.16
49	Oleic acid	47.93	5.30
51	Hexadecanamide	48.32	0.92
52	(Z)-2-(1-Hexan-1-ylsulfanyl) naphthalene	49.66	0.55
53	9-Octadecenamide	49.84	7.55
55	Phosphoric acid	50.43	0.49

การอภิปรายผล

จากการศึกษากระทือพืชในตระกูลขิงข่า (Zingiberaceae) เป็นไม้ประดับสวยงาม มีกลิ่นหอม ที่มีสรรพคุณและการใช้ประโยชน์ หัวหรือเหง้ามีรสขม เผื่อน และเผ็ดเล็กน้อย ช่วยแก้อาการเบื่ออาหาร กระตุ้นการหลั่งน้ำย่อย บำรุงร่างกาย ช่วยแก้ร้อนใน แก้โรคบิด ช่วยในการขับลมกระตุ้นการผายลม แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ ช่วยขับปัสสาวะ บรรเทาอาการปวดท้อง ลดการจุกเสียดแน่นท้อง แก้ฝีในจุดต่าง ๆ สกัดน้ำมันหอมระเหยได้ (Keita และคณะ, 2543)

จากสารสกัดหยาบหัวกระทือมีลักษณะหนืด สีน้ำตาลเข้ม โดยการแช่หมักด้วยเอทานอลเวลา 3 วัน (2 รอบ) อาศัยหลักการ Like Dissolves Like ตัวถูกละลายที่มีขั้วละลายในตัวทำละลายที่มีขั้วเหมือนกัน ดึงดูดระหว่างโมเลกุลมีขั้วเป็นแรงไดโพล-ไดโพล (Dipole - Dipole) ดังนั้น ในการทดลองจะทราบว่าตัวถูกละลายคือสารสกัดที่อยู่ในหัวกระทือ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารมีขั้วจึงละลายในตัวทำละลายเอทานอลมีคุณสมบัติเป็นสารมีขั้วเหมือนกัน (รัตนา อินทรานุกกรณ์, 2547) การตรวจหาสารพฤษเคมีเบื้องต้นโดยวิธีการทดสอบปฏิกิริยาการเกิดสีหรือการตกตะกอน พบซาโปนิน แอลคาลอยด์ แอนทราควิโนน แทนนิน และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ ซึ่งสารกลุ่มดังกล่าวได้มีรายงานว่า ซาโปนินเป็นสารประกอบประเภทไกลโคไซด์ที่มีส่วนอะไกลโคนเป็นสารสเตอรอยด์หรือไตรเทอร์พีนอยด์จับกับน้ำตาลหรืออนุพันธ์น้ำตาลที่ C3 เป็นสารลดแรงตึงผิวมีคุณสมบัติทำให้เกิดฟองเมื่อเขย่ากับน้ำ เป็นสารต้านจุลินทรีย์ สารต้านอนุมูลอิสระ และยับยั้งการดูดซึมคอเลสเตอรอลในลำไส้เล็กหรือช่วยการดูดซึมกรดน้ำดี แอลคาลอยด์เป็นสารที่เป็นด่าง มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ มีรสขม ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์เป็นสารที่พบมากในพืชสมุนไพร มีประโยชน์ในการรักษาโรคต่าง ๆ เช่น ใช้เป็นยาระงับปวด ยาชาเฉพาะที่ ยาแก้ไอ แก้หอบหืด ยารักษาแผลในกระเพาะและลำไส้ ยาลดความดัน ตลอดจนยาที่ควบคุมการเต้นของหัวใจ เป็นต้น (วาทีณี เสลราชภูร์, 2559) แอนทราควิโนนนำมาใช้เป็นยาระบาย และยาถ่ายอย่างกว้างขวางโดยออกฤทธิ์เป็น Stimulant cathartics นอกจากนี้ยังใช้ประโยชน์เป็นสีย้อม ใช้เป็นยารักษาเชื้อราที่ผิวหนัง และมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อไวรัส Herpes simplex type 1 อีกด้วย (รัตนา อินทรานุกกรณ์, 2547) แทนนินเป็นสารประกอบเชิงซ้อนพวกฟีนอลิก มีโมเลกุลใหญ่ และมีโครงสร้างซับซ้อน ทางเภสัชวิทยาพบว่าสามารถใช้เป็นยารักษาโรคท้องเสียได้ มีคุณลักษณะเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยต้านมะเร็ง ลดความดันโลหิต ลดไขมันในเลือด (ปาริชาติ พจนศิลป์, 2561) และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ เป็นสารออกฤทธิ์ที่กล้ามเนื้อหัวใจโดยไปเพิ่มแรงบีบตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ ใช้รักษาโรคหัวใจวาย และลดอาการบวมของน้ำลงได้ (จันทร์เพ็ญ โคตรภูธร, 2559)

จากการสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ได้มีลักษณะใส ไม่มีสี และมีกลิ่นเฉพาะตัว เพื่อทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยเทคนิค TLC Screening for DPPH Radical Scavenger พบว่าน้ำมันหอมระเหยมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยมีรายงานการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูล DPPH ซึ่งอนุมูล DPPH เป็นอนุมูลไนโตรเจนที่คงตัว สารต้านอนุมูลอิสระจะให้หรือรับอิเล็กตรอนแก่อนุมูล DPPH ทำให้ได้เป็นสาร diphenyl picrylhydrazyl (DPPH:H) ที่ไม่เป็นอนุมูลอีกต่อไป (ณพัชรอร บัวฉุน, 2562) สารสำคัญที่มีองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย คือ สารกลุ่มมอโนเทอร์พีน เช่น แอลฟา-ไพเนน แคมฟิน ลิโมนีน การบูร และสารกลุ่มไดเทอร์พีน เช่น ฮูมูลิน และซีรัมโบน (กรมการแพทย์แผนไทย และการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข, ม.ป.ป) จากการนำน้ำมันหอมระเหยกระทือมาทำการทดลองด้วยเทคนิค GC-MS พบว่า มีองค์ประกอบทางเคมีมากกว่า 50 ชนิด ซึ่งมีสารกลุ่มเทอร์พีนเป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ ซาบินิน (Sabinene) ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อราโรคพืชได้ดี (ทรศนีย์ พัฒนเสรี, ม.ป.ป.) เทอร์พีนที่พบอีกชนิดหนึ่งคือ 1,8-ซินีเออล (1, 8-Cineole) ซึ่งมีรายงานการวิจัยฤทธิ์

ของน้ำมันหอมระเหยมหาหงส์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียสาเหตุของสิว มีฤทธิ์ในการต้านแบคทีเรีย ด้านเชื้อรา (นลิน วงศ์ชัตติยะ และคณะ, 2559) นอกจากนี้ยังพบแอลฟา-ไพเนน (alpha-Pinene) ซึ่งมีรายงานว่าพบในน้ำมันหอมระเหยจากผิวมะนาวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ยับยั้งเอนไซม์โคสิโนเอสเตอเรส ฤทธิ์ยับยั้งมะเร็งลำไส้ใหญ่ มะเร็งตับอ่อน และมะเร็งเต้านม (ฐานข้อมูลเครื่องยาสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, ม.ป.ป.)

ข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบสรรพคุณเคมีเบื้องต้นที่เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และทราบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยมีองค์ประกอบที่มีสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อต่าง ๆ ผู้วิจัยจึงเห็นควรศึกษาหาปริมาณสารแต่ละองค์ประกอบ และหาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีต่าง ๆ ตลอดจนฤทธิ์การต้านจุลชีพเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐาน เพิ่มศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ และพืชสมุนไพรไทยให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมการแพทย์แผนไทย และการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข. (2560). **ประมวลสรรพคุณ**

สมุนไพร เล่ม 2. กรุงเทพมหานคร : แมกเนท สโตร์. หน้า 17.

กรมการแพทย์แผนไทย และการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข. (ม.ป.ป.). **กระทือ.**

[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://ittm.dtam.moph.go.th/images/knowledgea/3/5213-15.pdf> (วันที่ค้นข้อมูล : 2 เมษายน 2565)

จันทร์เพ็ญ โคตรภูธร. (2559). **การสกัดสารพฤกษเคมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดหยาบจากเพกา.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

http://digital_collect.lib.buu.ac.th/dcms/files/57920925.pdf. (วันที่ค้นข้อมูล : 6 มีนาคม 2565)

จุฑารัตน์ ศรีประเสริฐ. (2559). **การทดสอบสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของแคนา.**

[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://digital_collect.lib.buu.ac.th/dcms/files/56920125.pdf. (วันที่ค้นข้อมูล : 27 เมษายน 2564)

ฐานข้อมูลเครื่องยาสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. (ม.ป.ป.). **มะนาว.**

[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.thaicrudedrug.com/main.php?action>

=viewpage&pid=105. (วันที่ค้นข้อมูล : 2 เมษายน 2565)

ณพัฐอร บัวฉุน. (2562). สารพิษเคมีเบื้องต้น และฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระของสลดน้ำพืชสดและพืชแห้ง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : file:///C:/Users/Acer/Downloads/twessapan. (วันที่ค้นข้อมูล : 2 เมษายน 2565)

ทรรศนีย์ พัฒนเสรี. (ม.ป.ป.). องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยโพลที่ปลูกแทรกในสวนป่า. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://forprod.forest.go.th/forprod/PDF/. (วันที่ค้นข้อมูล : 2 พฤษภาคม 2564)

นลิน วงศ์ขัตติยะ, ทวีรัตน์ หาญประเสริฐ, พันธุ์ชนะ สงวนเสริมศรี, รุ่งทิพย์ กาวารี, Ian H. Fraser และดลฤดี สงวนเสริมศรี. (2559). ฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยมหาหงส์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียสาเหตุของลิ่ว. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://e-manage.mju.ac.th/openFile.aspx?id=Mjl1NDUw. (วันที่ค้นข้อมูล : 19 ธันวาคม 2564)

ปาริชาติ พจนศิลป์. (2561). ศึกษาการสกัดสารแทนนินจากเปลือกมะพร้าวอ่อน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.doa.go.th/hc/chumphon/wp-content/uploads/2021/01/ศึกษาการสกัดสารแทนนินจากเปลือกมะพร้าวอ่อน.pdf. (วันที่ค้นข้อมูล : 6 มีนาคม 2565)

พัชรินทร์ อินทร์ทอง. (2555). น้ำมันหอมระเหยสารสกัดจากพืชสมุนไพร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.gotoknow.org/posts/478781. (วันที่ค้นข้อมูล : 2 เมษายน 2565)

พรรณี เต๋นรุ่งเรือง. (2550). ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเปลือกต้นวงศ์อบเชย. สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้ และผลิตผลป่าไม้กรมป่าไม้. 19-26

รักบ้านเกิด. (2563). สารประกอบทางเคมี และเภสัชวิทยาของพืชสมุนไพร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://today.line.me/th/v2/article/xEwwVP. (วันที่ค้นข้อมูล : 2 เมษายน 2565)

รัตนา อินทรานุกกรณ์. (2547). การตรวจสอบ และการสกัดแยกสารสำคัญจากสมุนไพร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วัชรภรณ์ ประภาสะโนบล. (2561). ฤทธิ์ทางชีวภาพและการตรวจสอบสารพิษเคมีเบื้องต้นของรากลิบสองราศี. วารสารวิชาการ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. 10(11), 94

วาทีณี เสลร์ราษฎร์. (2559). การสกัด การตรวจสอบสารพิษเคมี ฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระ และต้าน

เชื้อแบคทีเรียของทุเรียนเทศ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

http://digital_collect.lib.buu.ac.th/dcims/files/57920933.pdf. (วันที่ค้นข้อมูล : 17 สิงหาคม 2564)

ศูนย์เครื่องมือกลาง หน่วยปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี.

(2558). GC-MS. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://ka.mahidol.ac.th/division/research_academic_supports/MUKACIF/cen02.html. (วันที่ค้นข้อมูล : 2 เมษายน 2565)

หทัยชนก ชัยเมืองเขียว. (2556). การศึกษาปริมาณสาร α -Pinene ที่มีสารละลายในน้ำมันหอมระเหยจากส่วนใบของว่านสาวหลงโดยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี. รายงานการวิจัย

วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

อภิสราร อินทะรังสี. (2555). ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากว่านกระเจาะจันทร์เพื่อนำมาทำเป็นโลชั่นทาผิว. รายงานการวิจัย วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

Keita และ คณะ. (2543). สรรพคุณ และ การใช้ประโยชน์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก

: <https://puechkaset.com/กระเทียม/>. (วันที่ค้นข้อมูล : 31 ตุลาคม 2562)

การเปรียบเทียบผลของสารทำงานภายในท่อความร้อนที่มีผลต่อการระบายความร้อนแผงเซลล์ แสงอาทิตย์

Comparison of Results of Working Fluid in The Heat Pipe Affecting Solar Cell Modules Cooling

ยุทธนา ศรีอุดม¹, สังคม สัพโส², ชัยณรงค์ แสนเปา³ และ วิศิษฐ์ ชัดสาย⁴
Yuthana Sriudom, society simple, Chainarong Saenpao and Wisit Kadsai

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบผลของสารทำงานภายในท่อความร้อนสำหรับระบายความร้อนออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้สำหรับทดสอบเป็นแบบโมโนคริสตัลไลน์ ขนาด 80 วัตต์ ซึ่งจะทำการศึกษาทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 3 แบบ คือ แบบที่ 1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน(HP1) แบบที่ 2 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้เอทานอล(HP2) เป็นสารทำงาน และ แบบที่ 3 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้สารทำความเย็น R-11 เป็นสารทำงาน (HP3) จากผลการทดสอบ พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน มีค่าเท่ากับ 56.4 องศาเซลเซียส และมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 9.1 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแผงที่ทำการศึกษาติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้เอทานอลเป็นสารทำงาน มีอุณหภูมิที่ผิวของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยเฉลี่ย เท่ากับ 52.1 องศาเซลเซียส และมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 10.3 เปอร์เซ็นต์ และแผงที่ทำการศึกษาติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้สารทำความเย็น R-11 เป็นสารทำงาน มีอุณหภูมิที่ผิวของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยเฉลี่ย เท่ากับ เท่ากับ 48.5 องศาเซลเซียส และมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 11.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการทดสอบจะเห็นได้ว่า การติดตั้งท่อความร้อนเพื่อระบายความร้อนทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

คำสำคัญ: การเพิ่มประสิทธิภาพ, แผงเซลล์แสงอาทิตย์, ท่อความร้อนแบบแบน

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก 63000 Email : Yuttana.sriudom@gmail.com

² อาจารย์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก :

Abstract

The purpose of this research was to test and compare the effect of working fluid for cooling of solar cell modules by cooling with heat pipes. The test set consists of three 80 watt solar modules that made of mono-crystalline. The first module did not install heat pipes, while the second module installed heat pipes using ethanol as the working fluid and the third module installed heat pipes using R-11 as working fluid respectively. The results showed that the average temperature of the first solar cell module was 56.4 °C and the efficiency was 9.1%, in the case of did not install heat pipes on solar module. With the units with heat pipes, it was found that unit with ethanol heat pipe had an average temperature of 52.1 °C and efficiency at 10.3%, whereas the temperature of the unit using R-11 heat pipe had an average temperature at 48.5 °C and efficiency at 11.5%. From the experiments, it was concluded that the installation of heat pipes can increase the efficiency of solar cell modules.

Keywords: Enhancing Efficiency, Solar Cell, Flat Heat Piped.

บทนำ

ในปัจจุบันได้การใช้พลังงานในประเทศนับวันจะยิ่งมีเพิ่มมากขึ้น ซึ่งในแต่ละปีนั้นจะต้องใช้งบประมาณหลายหมื่นล้านบาทที่สูญเสียไปกับค่าเชื้อเพลิงที่ได้จากธรรมชาติ ได้แก่ น้ำมันเตา น้ำมันดีเซล ลิกไนต์ และก๊าซธรรมชาติ และมีแนวโน้มว่าค่าใช้จ่ายจะสูงขึ้นทุกปี คณะผู้วิจัยเห็นว่าแสงอาทิตย์มีประโยชน์ในหลายรูปแบบจึงคิดนำเอาพลังงานจากแสงอาทิตย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุดโดยอาศัยสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์เราเรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) เพื่อที่จะมาใช้เป็นแหล่งพลังงานเพิ่มเติมจากพลังงานแหล่งอื่นๆ ที่จะหมดไปในอนาคต พลังงานแสงอาทิตย์นั้นมีปริมาณมหาศาลและไม่มีวันหมดไปจากโลก และไม่ทำให้เกิดมลภาวะสำหรับประเทศไทยซึ่งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรของโลกได้รับพลังงานแสงอาทิตย์มากกว่าประเทศแถบอื่นๆ เช่น แอบยุโรป และแอบอเมริกา และยังมีแสงอาทิตย์อยู่ตลอดทั้งปีซึ่งสามารถนำเอาพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างจริงจัง จะสามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงได้เป็นจำนวนมากในแต่ละปี ในการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้านั้นยังมีปัญหาจากการนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดซึ่ง (นราธิป ศรีละโครต และคณะ, 2550) ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะมีประสิทธิภาพสูงสุดที่อุณหภูมิแผง 25 °C แต่เมื่ออุณหภูมิแผงเซลล์เพิ่มขึ้น 1°C จะส่งผลให้

ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงประมาณ 0.5% (สุรเชรษฐ์ สีชำนาญ และคณะ, 2559) โดยปกติอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาใช้ในประเทศไทย มักจะมีอุณหภูมิสูงกว่า 30°C ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง

ดังนั้น การทดสอบและเปรียบเทียบผลของสารทำงานภายในท่อความร้อนสำหรับระบายความร้อนออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยเลือกใช้สารทำงานให้เหมาะสมกับการระบายความร้อนออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

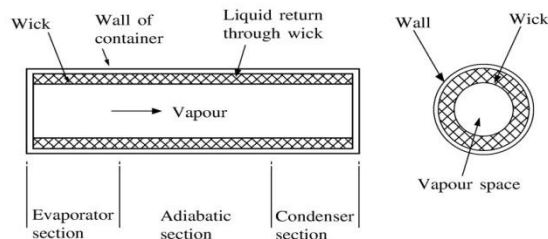
วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาเชิงทดสอบและเปรียบเทียบผลของสารทำงานภายในท่อความร้อนที่มีผลต่อการระบายความร้อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

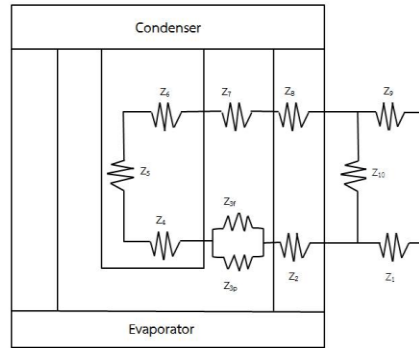
1. ท่อความร้อน (Heat Pipe)

ท่อความร้อนเป็นอุปกรณ์ที่สามารถในการนำความร้อนจากปลายด้านหนึ่งไปสู่ปลายอีกด้านหนึ่งได้อย่างรวดเร็ว โดยมีลักษณะเป็นท่อปลายปิดทั้ง 2 ด้าน ภายในจะทำให้เป็นสุญญากาศและบรรจุสารทำงานและวัสดุพรุนไว้ โดยสารทำงานทำหน้าที่รับความร้อนจากส่วนทำระเหยแล้วไประบายความร้อนกับส่วนควบแน่นแล้วกลับตัวเป็นของเหลวไหลกลับมายังส่วนทำระเหยอีกครั้ง โดยอาศัยวัสดุพรุนที่มีแรงคาпилลารีช่วยในการดึงเอาสารทำงานที่กลับตัวให้ไหลกลับมายังส่วนทำระเหย ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงรูปแบบของท่อความร้อน (Heat Pipe) (สัมพันธ์ ฤทธิเดช, 2555)

1.1 ค่าความร้อนที่ท่อความร้อนสามารถส่งผ่านได้ สามารถหาได้จากความต้านทานทั้งหมด (Z) ที่เกิดในระบบ พิจารณาจากภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ความต้านทานในส่วนต่าง ๆ ที่ในท่อความร้อน (ถนัด เกษประดิษฐ์, 2559)

เมื่อ

Z_1, Z_9 = ความต้านทานการพาความร้อนโดยรอบผนังภายนอกท่อ

Z_2, Z_8 = ความต้านทานการนำความร้อนผ่านผนังท่อที่ส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่น

Z_3, Z_7 = ความต้านทานภายในท่อของของเหลว

Z_5 = ความต้านทานจากความดันที่ลดลงในท่ส่วนควบแน่น

Z_{10} = ความต้านทานการนำความร้อนต่อความร้อนตามแนวความยาวท่อ

Z_4, Z_6 = ความต้านทานความร้อนในการเปลี่ยนแปลงสถานะระหว่างของเหลวและไอ

เมื่อ

Z_1, Z_9 คือ ความต้านทานที่เกิดจากการพาความร้อนโดยรอบผนังภายนอกท่อซึ่งหาจากสมการ (1) และ (2)

$$Z_1 = \frac{1}{h_{eo}A_{eo}} \quad (1)$$

$$Z_9 = \frac{1}{h_{co}A_{co}} \quad (2)$$

สมการในการหาค่าความต้านทานรวม แสดงดังสมการที่ (3)

$$Z_{total} = Z_1 + \left[\frac{1}{Z_2 + Z_3 + Z_5 + Z_7 + Z_8} + \frac{1}{Z_{10}} \right]^{-1} + Z_9 \quad (3)$$

หลังจากได้ค่าความต้านทานความร้อนรวมแล้ว สามารถหาค่าความร้อนที่ท่อความร้อนสามารถส่งถ่ายได้ ดังสมการที่ (4)

$$q = \frac{\Delta T}{Z_{total}} \quad (4)$$

$$\text{เมื่อ } \Delta T = T_{so} - T_{si} \quad (5)$$

เมื่อ T_{so} คือ อุณหภูมิของแหล่งให้ความร้อน ($^{\circ}\text{C}$)

T_{si} คือ อุณหภูมิของแหล่งรับความร้อน ($^{\circ}\text{C}$)

2.3 คุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน

คุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนเมื่อให้ความร้อนเข้าไปยังส่วนทำระเหย สารทำงานจะรับความร้อนจะเกิดการเดือดและเคลื่อนที่จากส่วนทำระเหยไปยังส่วนควบแน่นที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าและเกิดการถ่ายเทความร้อนทำให้เกิดการควบแน่น ในการหาค่าการถ่ายเทความร้อนไปยังส่วนควบแน่นคำนวณจากวิธี Calorimeter โดยการวัดค่าอุณหภูมิทั้งขาเข้าและขาออกของสารรับความร้อนที่ส่วนควบแน่น จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณโดยใช้สมการ (6) ดังต่อไปนี้

$$Q = m^{\circ} C_p \Delta T \quad (6)$$

โดยที่

Q คือ ค่าความร้อนของอากาศในส่วนควบแน่น (W)

m° คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)

C_p คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ (kJ/kg- $^{\circ}\text{C}$)

ΔT คือ ผลต่างอุณหภูมิของอากาศขาออกและขาเข้าที่ส่วนควบแน่น ($^{\circ}\text{C}$)

เมื่อ

$$m^{\circ} = \rho v A \quad (7)$$

โดยที่

ρ คือ ค่าความหนาแน่น (kg/m³)

v คือ ค่าความเร็วของสารทำงาน (m/s)

A คือ ค่าพื้นที่หน้าตัดที่สารทำงานไหลผ่าน (m²)

การคำนวณประสิทธิภาพ (η) ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แสดงดังสมการที่ (3)

$$\eta = (IV)/(GA) \quad (8)$$

การคำนวณกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แสดงดังสมการที่ (4)

$$P = IV \quad (9)$$

โดยที่

P คือ ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

I คือ กระแสไฟฟ้า (A)

V คือ แรงดันไฟฟ้า (Volt)

G คือ ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ (W/m^2)

A คือ พื้นที่รับรังสีแสงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (m^2)

P คือ กำลังไฟฟ้า (Watts)

2.4 อุปกรณ์ และขั้นตอนการทดสอบ

ผู้วิจัยได้ออกแบบ และสร้างชุดทดลอง โดยแบ่งชุดสอบออกเป็น 3 ชุด ได้แก่ 1. ชุดทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน (HP1) 2. ชุดทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้เอทานอล เป็นสารทำงาน (HP2) และ 3 ชุดทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้สารทำความเย็น R-11 เป็นสารทำงาน (HP3) โดยช่วงเวลาในการทดสอบ ระหว่างวันที่ 1 - 30 ธันวาคม 2560

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.1 ท่อความร้อนทำจากท่อทองแดงมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 18 มิลลิเมตร ภายในติดตั้งวัสดุพูนแบบตาข่ายทองแดง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.1 มิลลิเมตร ดังแสดงในภาพที่ 3 บรรจุสารทำงานประกอบด้วย เอทานอล และ สารทำความเย็น R-11 โดยเติมสารทำความเย็น 40% โดยปริมาตรรวมภายในท่อ



ภาพที่ 3 ท่อความร้อน และวัสดุพูนแบบตาข่าย

1.2 สายเทอร์โมคัปเปิลยี่ห้อ OMEGA ชนิด K แม่นยำ ± 1 °C แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 สายเทอร์โมคัปเปิลยี่ห้อ OMEGA ชนิด K

1.5 เครื่องวัดความเข้มแสง ยี่ห้อ SPM-1116SD ช่วงการวัด 0.0 ถึง 2,000.0 W/m² ความแม่นยำ ± 10 W/m² แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 เครื่องวัดความเข้มแสง (Pyranometer)

1.6 เครื่องบันทึกข้อมูล ยี่ห้อ Wisco รุ่น DL 2200 ขนาด 8 ช่องสัญญาณ มีช่วงการวัดอุณหภูมิ -250 °C ถึง 1,300 °C มีความแม่นยำ ± 0.1 °C แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Data-logger)

1.7 ตัวขยายสัญญาณ Analog Expansion Module EX24 ขนาด 16 Channels Analog Input มีช่วงการวัดอุณหภูมิ -250 °C ถึง 1,300 °C มีความแม่นยำ ± 0.1 °C แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 Analog Expansion Module

1.8 มัลติมิเตอร์ ยี่ห้อ GW instek GDM-394/396 ใช้สำหรับวัดค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า แสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 มัลติมิเตอร์

1.9 เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า ยี่ห้อ SRNE รุ่น ML2430 แรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ 12 Vdc และ 24 Vdc รองรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 100 Vdc ที่อุณหภูมิ 25 °C แสดงดังภาพที่ 9



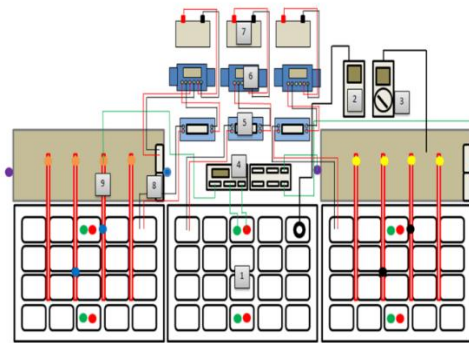
ภาพที่ 9 เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า

1.10 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์ (Mono-crystalline module ขนาด 80 W) แรงดันไฟฟ้าสูงสุด (Voc) 18.0 V กระแสสูงสุด (Isc) 2.23 A แสดงดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโมโน

1.11 ไดอะแกรมสำหรับติดตั้งอุปกรณ์สำหรับตรวจวัดและเก็บข้อมูลการทดลอง แสดงดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ผังการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดการติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือวัดสำหรับการทดสอบ

ลำดับ	รายการ	สี	รายการ
1	แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)	●	ตำแหน่งติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลบนแผง
2	เครื่องวัดความเข้มแสง (Pyranometer)	●	ตำแหน่งติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลใต้แผง
3, 4	เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Data Logger)	●	ตำแหน่งลมเข้า
5	วัตต์มิเตอร์ (Watt Meter)	●	ตำแหน่งลมออก
6	เครื่องควบคุมการชาร์จ (Solar Charge Controller)		
7	แบตเตอรี่ (Battery)		
8	พัดลมระบายอากาศ (Fan Cooling)		
9	ท่อความร้อน (Heat Pipe)		

1. ขั้นตอนการทดสอบ

ผู้วิจัยได้ทำการจัดทำชุดทดสอบ 3 ชุด ได้แก่ 1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งต่อความร้อน (HP1) 2. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งต่อความร้อนโดยใช้เอทานอลเป็นสารทำงาน (HP2) และ 3. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งต่อความร้อนโดยใช้สาร R-11 เป็นสารทำงาน (HP3) โดยทดสอบในช่วงวันที่ 1 - 30 ธันวาคม พ.ศ.2559 ช่วงเวลาการเก็บข้อมูล ตั้งแต่เวลา 09.00 - 16.00 น. โดยทำการทดสอบที่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ซึ่งข้อมูลทำการบันทึก ได้แก่ อุณหภูมิ ความเข้มแสง ความต่างศักย์ และกระแสไฟฟ้า ทำการบันทึกข้อมูลทุก ๆ 5 วินาที โดยมีขั้นตอนในการทดสอบ ดังต่อไปนี้

1.1 ทำการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก่อนติดตั้งต่อความร้อนเพื่อหาประสิทธิภาพแผง โดยแบ่งแผงออกเป็น 3 ชุด ประกอบด้วย แผงที่ 1 (S1) แผงที่ 2 (S2) และ แผงที่ 3 (S3) โดยทำการทดสอบ จำนวน 3 วัน แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาคำนวณหาประสิทธิภาพแผง

1.2 ทำการติดตั้งต่อความร้อนเข้ากับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ตามขนาดที่ออกแบบไว้ โดยแบ่งชุดทดสอบออกเป็น 3 ชุด ประกอบไปด้วย 1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งต่อความร้อน (HP1) 2. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งต่อความร้อนโดยใช้เอทานอลเป็นสารทำงาน (HP2) และ 3. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งต่อความร้อนโดยใช้สาร R-11 เป็นสารทำงาน (HP3)

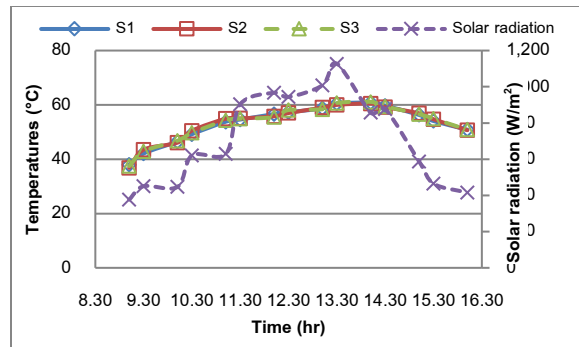
1.3 ติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบ และอุปกรณ์ในการตรวจวัดเข้ากับชุดทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในภาพที่ 11 โดยทำการบันทึกอุณหภูมิอุณหภูมิ ความเข้มแสง และ กำลังไฟฟ้า ทุก ๆ 5 วินาที และนำข้อมูลที่ได้นำมาใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

1. คำนวณหาการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำการทดสอบ ตามสมการที่ (1) - (9)

ผลการวิจัย

จากการศึกษา ทดลองและวิจัยผลเพื่อหาประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ยังไม่ได้ติดตั้งต่อความร้อน (HP1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งต่อความร้อนโดยใช้เอทานอลเป็นสารทำงาน (HP2) และ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งต่อความร้อนโดยใช้สาร R-11 เป็นสารทำงาน (HP3) และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูล และคำนวณหาประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยผลจากการทดสอบ ประกอบไปด้วย

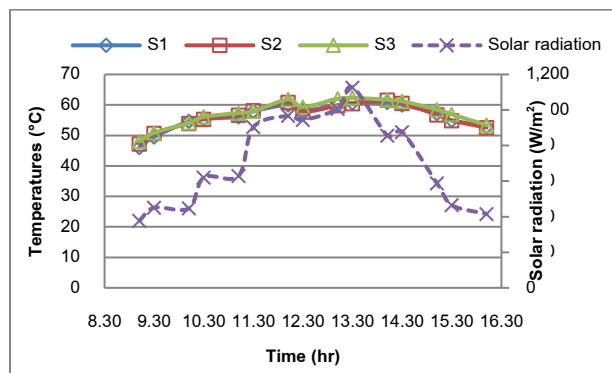
1.1 ผลการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งต่อความร้อน 1. ผลของความเข้มแสงและอุณหภูมิใต้แผงของทั้ง 3 แผง กรณีที่ไม่ได้ติดตั้งต่อความร้อน แสดงดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอุณหภูมิตั้งแผง และช่วงเวลาในการทดสอบ

จากภาพที่ 12 พบว่า อุณหภูมิตั้งแผงจะผันแปรตามความเข้มแสงโดยเมื่อความเข้มแสงมีค่าสูงขึ้นจะส่งผลให้อุณหภูมิตั้งแผงมีค่าเพิ่มขึ้น การที่อุณหภูมิตั้งแผงมีค่าสูงขึ้นนั้นเนื่องจากการสะสมความร้อนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจะเห็นได้จากช่วงเวลา 9.00 น. อุณหภูมิตั้งแผงจะมีค่าต่ำ และจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความเข้มแสงสูงสุด เท่ากับ $1,115 \text{ W/m}^2$ เมื่อเวลา 13.30 น. และมีค่าความเข้มแสงเฉลี่ยตลอดทั้งวัน เท่ากับ 742.4 W/m^2 ส่วนอุณหภูมิตั้งแผงสูงสุด เท่ากับ $60.1 \text{ }^\circ\text{C}$ เมื่อเวลา 14.00 น. และมีค่าอุณหภูมิตั้งแผงเฉลี่ย เท่ากับ $51.2 \text{ }^\circ\text{C}$

1. ผลของความเข้มแสงและอุณหภูมิตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของทั้ง 3 แผง กรณีที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน แสดงดังภาพที่ 13

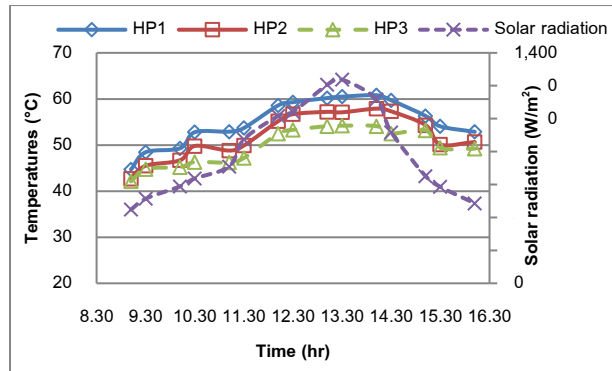


ภาพที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอุณหภูมิตั้งแผง และช่วงเวลาในการทดสอบ

จากภาพที่ 13 พบว่า อุณหภูมิตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะผันแปรตามความเข้มแสงโดยเมื่อความเข้มแสงมีค่าสูงขึ้นจะส่งผลให้อุณหภูมิตั้งแผงมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับอุณหภูมิตั้งแผง โดยการที่อุณหภูมิตั้งแผงมีค่าสูงขึ้นนั้นเนื่องจากการสะสมความร้อนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยค่าความเข้มแสงสูงสุดมีค่าเท่ากับ $1,115 \text{ W/m}^2$ เมื่อเวลา 13.30 น. และมีค่าความเข้มแสงเฉลี่ยตลอดทั้งวัน เท่ากับ 742.4 W/m^2 ส่วนอุณหภูมิตั้งแผงสูงสุดมีค่าเท่ากับ $63.5 \text{ }^\circ\text{C}$ เมื่อเวลา 13.30 น. และมีค่าอุณหภูมิตั้งแผงเฉลี่ย เท่ากับ $54.1 \text{ }^\circ\text{C}$

1.1 ผลการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งต่อความร้อน

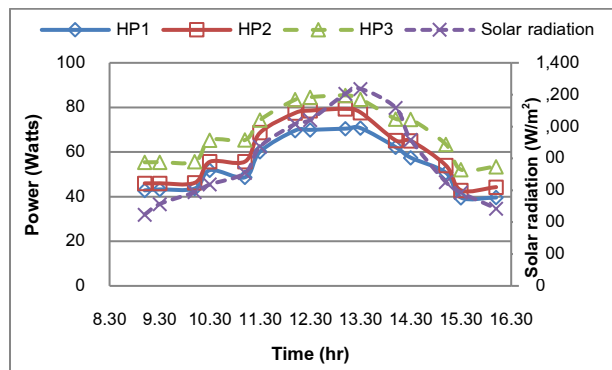
1. ผลของความเข้มแสง และอุณหภูมิใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ของทั้ง 3 ชุดทดสอบ แสดงดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอุณหภูมิใต้แผง และช่วงเวลาในการทดสอบ

จากภาพที่ 14 พบว่า ชุดทดสอบทั้ง 3 ชุดทดสอบ มีแนวโน้มอุณหภูมิใต้แผงที่เหมือนกันคือเมื่อความเข้มแสงมีค่าสูงขึ้นจะส่งผลให้อุณหภูมิใต้แผงมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยอุณหภูมิใต้แผงเฉลี่ยของชุดทดสอบ HP1 HP2 และ HP3 มีค่าเท่ากับ 56.4 °C 52.1 °C และ 48.5 °C ตามลำดับ และมีอุณหภูมิใต้แผงสูงสุดของชุดทดสอบ HP1 HP2 และ HP3 มีค่าเท่ากับ 61.2 °C 56.8 °C และ 52.9 °C ตามลำดับ โดยจากการทดสอบแสดงให้เห็นว่า เมื่อทำการติดตั้งต่อความร้อนเข้ากับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำให้อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีอุณหภูมิที่ลดลงเนื่องจากต่อความร้อนดึงเอาความร้อนออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั่นเอง โดยต่อความร้อนที่ใช้สารที่ใช้สารทำความเย็น R-11 (ชุดทดสอบ HP3) สามารถดึงความร้อนออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้สูงสุด

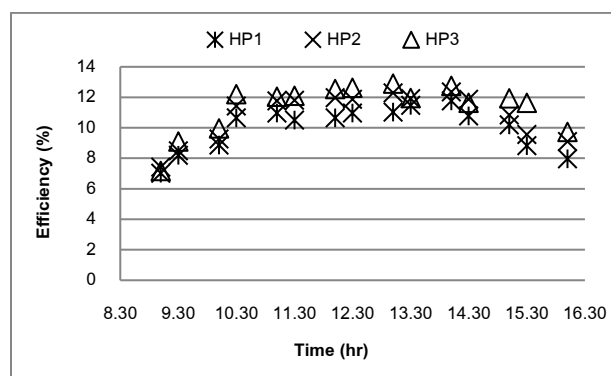
2.ผลของการทดสอบกำลังไฟฟ้าของชุดทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ แสดงดังภาพที่15



ภาพที่ 15 แสดงผลของกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้จากการทดสอบ

จากภาพที่ 15 พบว่า ค่าพลังงานไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 แผง มีแนวโน้มที่เหมือนกัน คือ เมื่อค่าความเข้มแสงมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงจะส่งผลให้ค่าพลังงานไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามไปด้วย ซึ่งค่าพลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ HP1, HP2 และ HP3 มีค่าเท่ากับ 55.2 W 61.8 W และ 68.9 W ตามลำดับ โดยค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ HP1, HP2 และ HP3 มีค่าเท่ากับ 70.7 W 75.5 W และ 79.5 W ตามลำดับ โดยจากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้สาร R-11 เป็นสารทำงานจะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุด รองลงมาคือแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้เอทานอลเป็นสารทำงาน ส่วนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อนจะผลิตไฟฟ้าได้ต่ำสุด

1. ผลของการทดสอบประสิทธิภาพชุดทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ แสดงดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 แสดงผลของประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้จากการทดสอบ

จากภาพที่ 16 พบว่า ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 แผง มีแนวโน้มที่เหมือนกัน ซึ่งค่าประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ HP1, HP2 และ HP3 มีค่าเท่ากับ 9.1 เปอร์เซ็นต์ 10.3 เปอร์เซ็นต์ และ 11.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยผลที่ได้จากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการติดตั้งท่อความร้อนเพื่อระบายความร้อนออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้สาร R-11 เป็นสารทำงาน จะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพสูงสุด รองลงมาคือแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้เอทานอลเป็นสารทำงาน ส่วนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อนจะมีประสิทธิภาพต่ำสุด

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาแนวทางการเพิ่มสมรรถนะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยการติดตั้งท่อความร้อนสำหรับระบายความร้อนออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยทำการทดสอบในเดือนธันวาคม 2559 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้สำหรับทดสอบเป็นแบบโมโนคริสตัลไลน์ ขนาด 80 วัตต์ และ ซึ่งจะทำการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 3 แบบ คือ แบบที่ 1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน(HP1) แบบที่ 2 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้เอทานอล(HP2) เป็นสารทำงาน และ แบบที่ 3 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้สารทำความเย็น R-11 เป็นสารทำงาน(HP3) ซึ่งการทดสอบจะทำการเก็บข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์ กำลังไฟฟ้า และ อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จากผลการทดสอบ พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน (HP1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้เอทานอลเป็นสารทำงาน (HP2) และ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้สารทำความเย็น R-11 เป็นสารทำงาน (HP3) สามารถถ่ายเทความร้อนออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้สูงสุด รองลงมาคือ แผงทดสอบ (HP2) ส่วนแผงทดสอบ (HP1) ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อนจะมีการถ่ายเทความร้อนออกจากแผงเซลล์ได้ต่ำสุด และ ประสิทธิภาพเฉลี่ยของแผงทดสอบ (HP1) แผงทดสอบ (HP2) และ แผงทดสอบ (HP3) มีค่าเท่ากับ 9.1 10.3 และ 11.5 เปอร์เซ็นต์ โดยแผงที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้สาร R-11 เป็นสารทำงาน จะให้ประสิทธิภาพสูงสุด รองลงมาคือแผงที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้สารเอทานอลเป็นสารทำงาน ส่วนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน จะให้ประสิทธิภาพต่ำสุด ซึ่งการติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้สารทำงาน R-11 เป็นสารทำงานสามารถลดอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลงได้สูงสุด และส่งผลให้ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สูงสุดตามไปด้วย เนื่องจากสารทำงาน R-11 มีจุดเดือดที่ต่ำกว่าเอทานอล เมื่อสารทำงาน R-11 ได้รับความร้อนจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะทำให้การเดือดของสารทำงานเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วกว่าสารทำงานเอทานอล ดังนั้น เมื่อสารทำงาน R-11 เดือดได้เร็วกว่า จึงทำให้สารทำงานเกิดการเคลื่อนตัวไปแลกเปลี่ยนความร้อนในส่วนควบแน่นได้เร็วกว่าสารทำงานเอทานอลนั่นเอง

เอกสารอ้างอิง

สัมพันธ์ ฤทธิเดช. (2555). **เทคโนโลยีท่อความร้อน**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย :

มหาสารคาม.

ณัด เกษประดิษฐ์. (2551). **เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน**. พิมพ์ครั้งที่ 1. ห้อง

วิจัยท่อความร้อน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 ยุธนา ศรีอุดม อธิพัฒน์ ชมภูคำ และ สัมพันธ์ ฤทธิเดช (2557). **อุณหภูมิส่วนทำระเหย ระยะพิพธิ์**

และสารทำงาน ที่มีต่อรูปแบบการไหลและการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบชนิด
เกลียวขด. การถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ. ครั้งที่ 13.
47-53.

Rittidech, S. and S. Sangiamsuk. (2012). **Internal Flow Patterns on Heat Transfer Performance of a Closed-Loop Oscillating Heat Pipe with Check Valves.** Experimental Heat Transfer. 25, 48-57.

Xu, J.L., Y.X. Li, and T.N. Wong (2005). **High speed flow visualization of a closed loop pulsating heat pipe.** International Journal of Heat and Mass Transfer. 48, 3338-3351.

Yi, H., Z.H. Liu, and J. Wang (2003). **Heat transfer characteristics of the evaporator section using small helical coiled pipes in a looped heat pipe.** Applied Thermal Engineering. 23, 89-99.

Y.Sriudom, S. Ritticech, and T. Chompookham. (2014). **The Helical Oscillating Heat Pipe: Flow Pattern Behaviour Study,** Advances in Mechanical Engineering. 7, 1-11.

การตรวจสอบการปลอมปนของน้ำในน้ำกะทิด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

Determination of water adulterated in coconut milk by using near infrared spectroscopy

รวิภัทร ลาภเจริญสุข¹, ธยานนท์ ลั่นวงษา²,
 พันฉาย สันตีสกุลวงศ์³ และ วุฒิพงษ์ บุตรนนท์⁴
 Agustami Sitorus Thayanont Lunvongsa
 Phanchay Suntisakoonwong WutthiphongBoodnon

บทคัดย่อ

กะทิเป็นส่วนประกอบในการทำอาหารไทยที่สำคัญหลากหลายชนิด ปัญหาที่เกิดขึ้นกับผู้บริโภคทั้งภายในและภายนอกประเทศคือการปลอมปนของกะทิโดยวัสดุที่มีราคาถูกและมีลักษณะทางกายภาพที่คล้ายกับกะทิ น้ำมักถูกนำมาใช้ปลอมปนในกะทิซึ่งทำให้ยากต่อการแยกได้ด้วยตาเปล่า งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตรวจสอบการปลอมปนของน้ำในน้ำกะทิสดด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี ตัวอย่างของน้ำกะทิสดได้มาจากการคั้นกะทิจากมะพร้าวซึ่งซื้อมาจากตลาด น้ำกะทิถูกนำมาผสมด้วยน้ำกลั่นที่ระดับการผสมตั้งแต่ 10-90 %w/w เนียร์อินฟราเรดสเปกตรัมถูกบันทึกในช่วงเลขคลื่น 12500 ถึง 4000 cm^{-1} สเปกตรัมเนียร์อินฟราเรดเริ่มต้นถูกใช้ในการสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิค partial least squares regression (PLSR) แบบจำลองแสดงถึงสมรรถนะในการตรวจสอบกะทิปลอมปนในกลุ่มข้อมูลสร้างแบบจำลองและทดสอบแบบจำลองด้วยค่า

$R^2_{training} = 0.96$ และ $R^2_{testing} = 0.85$ ตามลำดับ ผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นถึงแนวทางในการประยุกต์ใช้เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีในการตรวจสอบการปลอมปนของน้ำในกะทิได้

คำสำคัญ : กะทิ, การปลอมปน, เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

E-mail: ravipat.la@kmitl.ac.th

^{2 3 4} นักศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

Abstract

Coconut milk is important ingredient for cooking many Thai food. An issue for domestic and international customers is adulterated coconut milk with cheap and analogous materials. Water has been often used to adulterate in coconut milk which is difficult for detecting with visualization. This research aims to study on determination of adulteration of water in coconut milk by using near infrared spectroscopy. The fresh coconut milk sample was obtained from crushing of coconut which was bought from market. Coconut milk was mixed with distilled water at level of 10-90 %w/w. Near infrared spectra were recorded in range of 12500 – 4000 cm^{-1} . The raw spectra were used to establish the model with partial least squares regression (PLSR) technique. The model showed performance of determination of adulterated coconut milk on training and testing set with $R^2_{training} = 0.96$ และ $R^2_{testing} = 0.85$ respectively. This result presented the guideline for application of near infrared spectroscopy to detect adulteration of water in coconut milk.

Keyword : Coconut milk, Adulteration, Near infrared spectroscopy

บทนำ

กะทิเป็นส่วนประกอบในการทำอาหารไทยที่สำคัญหลากหลายชนิดจึงทำให้กะทิมีความต้องการจากท้องตลาดสูง อุตสาหกรรมกะทิจึงมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยตั้งแต่ต้นน้ำ (ผู้เพาะปลูก) ไปจนถึงผู้ประกอบการแปรรูปขนาดใหญ่ที่มีตลาดทั้งในประเทศและส่งออกองค์ประกอบทางเคมีของกะทิประกอบด้วยไขมัน (15.44 – 38.0%) โปรตีน (2.06 – 3.50%) ความชื้น (52.0 – 74.6%) เถ้า (0.64 – 0.90%) คาร์โบไฮเดรต (2.7 – 6.88%) (Alyaqoubi et al., 2015). ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกพริกไทยที่สำคัญในลำดับต้นๆ ของโลก ปัจจุบันประเทศไทยมีการส่งออกกะทิในปี 2560 - 2564 ในปริมาณประมาณ 250,000 ตันต่อปีคิดเป็นมูลค่าการส่งออกถึงประมาณ 15,000 ล้านบาท (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2565) ปัญหาหนึ่งที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมกะทิทั้งการบริโภคในประเทศและนอกประเทศที่สำคัญคือการปลอมปนของวัสดุวัสดุอื่นที่มีราคาถูกและมีลักษณะทางกายภาพที่คล้ายลงในกะทิ วัสดุที่มีราคาถูก หาได้ง่ายในชีวิตประจำวันและมักถูกนำมาปลอมปนในกะทิคือน้ำ ซึ่งทำให้เมื่อนำน้ำมาผสมในกะทิแล้วทำให้แยกได้ด้วยตาเปล่าได้ยากมาก การปลอมปนของน้ำในกะทิทำให้ปริมาณของน้ำกะทิที่ถูกจำหน่ายมากขึ้นแต่คุณภาพย่ำแย่ด้อยลงกะทิปลอมปนนี้ย่อมเป็นการลดความน่าเชื่อถือต่อผู้บริโภคที่ต้องการบริโภคสินค้าที่มีคุณภาพแน่นอนว่าย่อมส่งผลกระทบต่อประเทศคู่ค้ากะทิที่สำคัญ

ของไทย ได้แก่ สหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร ออสเตรเลีย แคนาดา และเยอรมัน ปัญหาการปลอมปนนี้อาจทำให้ประเทศคู่ค้าที่สำคัญเหล่านั้นมองหาแหล่งจำหน่ายแหล่งใหม่ผลกระทบที่เกิดขึ้นย่อมส่งผลกระทบต่อภาคเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ ดังนั้นหากมีวิธีการในการตรวจสอบการปลอมปนที่สามารถตรวจสอบได้อย่างรวดเร็วและสามารถคัดแยกกะทิบริสุทธิ์จากกะทิปลอมปนยอมเป็นการยืนยันคุณภาพของกะทิต่อผู้บริโภคและประเทศคู่ค้าสำคัญเหล่านี้ได้ในการตรวจสอบการปลอมปนของน้ำในกะทิไม่สามารถทำได้ด้วยตาเปล่าจำเป็นต้องใช้วิธีวิเคราะห์ทางเคมีที่มีขั้นตอนยุ่งยากและใช้เวลานานการนำเทคโนโลยีในการตรวจสอบคุณภาพทางวิธีวิเคราะห์ทางเคมีที่สามารถตรวจสอบได้อย่างรวดเร็วมีต้นทุนต่ำไม่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการวิเคราะห์เข้ามาช่วยแก้ปัญหาการปลอมปนของน้ำในกะทิจะเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ได้

เทคโนโลยีในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจคือเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี วิธีการนี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ ในระดับอุตสาหกรรม เช่น อาหาร ยา ผลผลิตทางการเกษตร จากงานวิจัยที่ผ่านมาเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีถูกนำมาประยุกต์ใช้ตรวจสอบการปลอมปนของสิ่งอื่นในผลิตภัณฑ์ เช่น น้ำผึ้ง (Guelpa et al., 2017; Li et al., 2017; Bazar et al., 2016), แป้ง kudzu (Xu et al., 2015), ซอสถั่วเหลือง (Thitibunjan and Sirisomboon, 2014), แป้งรากบัวจีน (Xu et al., 2013) และ แป้ง shanyao (Ma et al., 2017) งานวิจัยข้างต้นแสดงผลการทดลองไปในแนวทางเดียวกันคือเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีมีสมรรถนะในการตรวจสอบการปลอมปนของวัสดุต่างๆ ในผลิตภัณฑ์ จากข้อมูลนี้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ที่สูงในการใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีในการตรวจสอบการปลอมปนของน้ำในกะทิ ข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นเห็นถึงความน่าสนใจและความเป็นไปได้สูงในประยุกต์ใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีในการตรวจสอบการปลอมปนของแป้งจากปลายข้าวและลูกเดือยในพริกไทยป่น

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาการตรวจสอบการปลอมปนของน้ำในน้ำกะทิด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้หากเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีมีความสามารถในการตรวจสอบการปลอมปนได้ย่อมช่วยเรื่องของการรับรองความบริสุทธิ์และคุณภาพของกะทิซึ่งส่งผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือของคู่ค้ากะทิของประเทศไทยและผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศได้

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการตรวจสอบการปลอมปนของน้ำในกะทิด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

กรอบแนวคิดในการวิจัย

คลื่นแสงเนียร์อินฟราเรดมีช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 800-2500 nm สามารถแบ่งช่วงความยาวคลื่นออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงคลื่นสั้นที่มีความยาวคลื่น 800-1100 nm และช่วงคลื่นยาวที่มีความยาวคลื่น 1100-2500 nm (Osborne et al., 1993) พลังงานของคลื่นแสงเนียร์อินฟราเรดจะอยู่ในช่วงที่สอดคล้องกับการสั่น (vibration) แบบโอเวอร์โทน (Overtone) และคอมบิเนชัน (Combination) ของพันธะภายในโมเลกุลของสารโดยเฉพาะพันธะไฮโดรเจน (เช่น O-H, C-H, N-H) หากการสั่นของพันธะใดเกิดที่ความถี่ที่ตรงกับค่าความถี่ของคลื่นแสงเนียร์อินฟราเรดก็จะเกิดการดูดกลืนพลังงานขึ้น (วิชัย รุ่งตระกูล และคณะ, 2527) ซึ่งการดูดกลืนแสงเนียร์อินฟราเรดใช้มากในการวิเคราะห์เชิงปริมาณของสารประกอบอินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ น้ำมีพันธะโมเลกุลเป็นพันธะไฮโดรเจน ดังนั้นเมื่อมีผลสมน้ำลงในกะทิจึงมีความเป็นไปได้ที่เนียร์อินฟราเรดจะตรวจวัดการปลอมปนของน้ำในกะทิได้ อย่างไรก็ตามข้อมูลการดูดกลืนแสงอินฟราเรดที่ความยาวคลื่นต่างๆ หรือเรียกว่าสเปกตรัมจะยังไม่สามารถใช้ในการตรวจสอบกะทิปลอมปนได้จำเป็นต้องใช้เทคนิคเคมีเมตริกส์ (Chemometric) เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองในการทำนายระดับการปลอมปนของน้ำในกะทิต่อไป เช่น การสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิค partial Least Squares Regression (PLSR)

วิธีการดำเนินการ

ตัวอย่างมะพร้าวกะทิถูกซื้อนำมาจากท้องตลาดนำมาชูดและคั้นน้ำกะทิ หลังจากนั้นตัวอย่างของกะทิถูกนำมาผสมด้วยน้ำกลั่น โดยผสมน้ำลงในกะทิด้วยสัดส่วนต่างๆ ทั้งสิ้น 9 ระดับ 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 และ 90%w/w ในการผสมแต่ละครั้งตัวอย่างกะทิปลอมปนถูกเขย่าให้เข้ากันและบรรจุลงในขวดสีชา ก่อนการวัดสเปกตรัมตัวอย่างถูกตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที

สเปกตรัมเนียร์อินฟราเรดถูกบันทึกบนตัวอย่างกะทิบริสุทธิ์และกะทิปลอมปน แต่ละตัวอย่างจะถูกแบ่งออกเป็น 10 ส่วนเท่าๆ กัน ตัวอย่างถูกเทลงในหลอดแก้วทรงกระบอกและกดทับด้วยแผ่นอลูมิเนียมเพื่อวัดสเปกตรัม สเปกตรัมของตัวอย่างจะถูกบันทึกด้วยเครื่อง FT-NIR spectrometer (MPA, Bruker, Germany) ที่ความยาวคลื่น $12,500-4,000 \text{ cm}^{-1}$ (800-2,500 nm) ในโหมด reflectance ด้วยความละเอียดในการวัด 8 cm^{-1} ภาพที่ 1 แสดงการเก็บข้อมูลเนียร์อินฟราเรดด้วยเครื่อง FT-NIR spectrometer (MPA, Bruker, Germany)



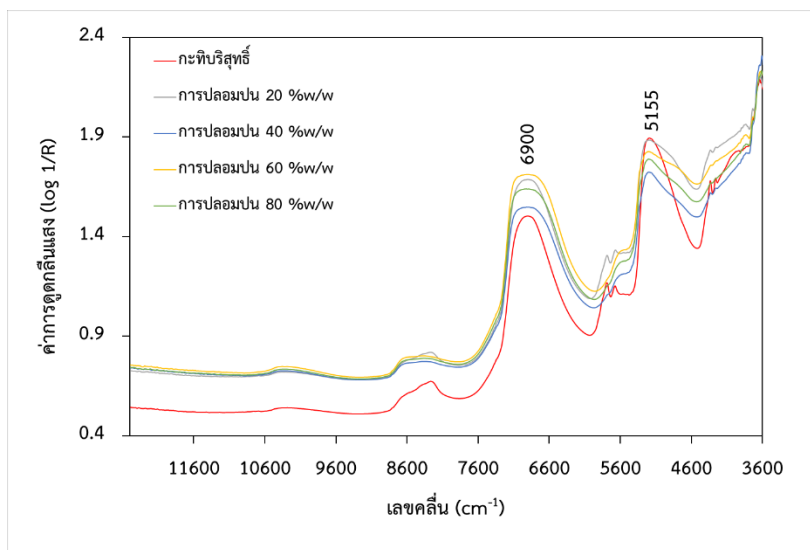
ภาพที่ 1 การเก็บข้อมูลเนียร์อินฟราเรดด้วยเครื่อง FT-NIR spectrometer (MPA, Bruker, Germany)

ข้อมูลสเปกตรัมจำนวน 100 ตัวอย่าง (สเปกตรัมของกะทิบริสุทธิ์ 10 ตัวอย่างและสเปกตรัมของกะทิปลอมปนที่ 9 ระดับการปลอมปนจำนวน 90 ตัวอย่าง) ถูกแบ่งออกเป็นชุดสร้างแบบจำลอง (training set) และชุดทดสอบแบบจำลอง (testing set) ด้วยอัตราส่วน 80:20 ตามลำดับ ข้อมูลชุดสร้างแบบจำลองถูกใช้สร้างแบบจำลองในการตรวจสอบการปลอมปนด้วยน้ำในกะทิถูกสร้างโดยเทคนิค partial least square regression (PLSR) การทดสอบแบบจำลองชุดสร้างแบบจำลองดำเนินการด้วยวิธีการ leave-one-out cross validation จากนั้นแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นถูกนำมาทดสอบสมรรถนะกับชุดทดสอบแบบจำลองและรายงานผลสมรรถนะด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (coefficient of determination) ของชุดสร้างแบบจำลองและชุดทดสอบแบบจำลอง ($R^2_{training}$ และ $R^2_{testing}$) ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (root mean square error) ของชุดสร้างแบบจำลองและชุดทดสอบแบบจำลอง ($RMSE_{training}$ และ $RMSE_{testing}$)

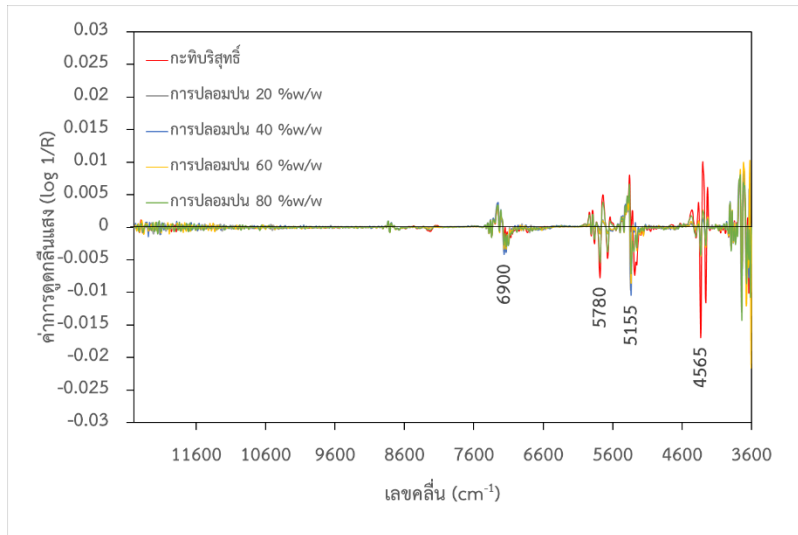
ผลการวิจัย

ภาพที่ 2 แสดงสเปกตรัมเนียร์อินฟราเรดของกะทิและกะทิปลอมปนด้วยน้ำที่ระดับต่างๆ พิกของการดูดกลืนพลังงานของคลื่นเนียร์อินฟราเรดเกิดขึ้นชัดเจนที่เลขคลื่นเท่ากับ 6900 และ 5155 cm^{-1} (ซึ่งเท่ากับความยาวคลื่นเท่ากับ 1450 และ 1940 nm ตามลำดับ) พิกทั้งสองนี้สอดคล้องกับการสั่นสะเทือนของน้ำแบบโอเวอร์โทนอันดับที่ 1 และคอมบินชันของพันธะ O-H (Osborne and Fearn, 1986) สเปกตรัมแสงเนียร์อินฟราเรดของกะทิที่ปลอมปนด้วยน้ำมีแนวโน้มแตกต่างจากกะทิบริสุทธิ์ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีในการตรวจสอบระดับการปลอมปนของน้ำในกะทิ อย่างไรก็ตามสเปกตรัมเริ่มต้นอาจจะ

ได้รับผลกระทบต่างๆ ในระหว่างการตรวจวัด เช่น สัญญาณรบกวน ผลของอุณหภูมิ ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างต่อผลการดูดกลืนแสง ดังนั้นสเปกตรัมเริ่มต้นควรได้รับการดำเนินการปรับปรุงเพื่อให้เห็นพฤติกรรมของสเปกตรัมได้ชัดเจนขึ้น เช่น การปรับปรุงสเปกตรัมด้วยวิธีอนุพันธ์อันดับที่ 2 ดังแสดงในภาพที่ 3 จากรูปพีคการดูดกลืนแสงเนียร์อินฟราเรดจะกลับหัวเนื่องจากการการปรับปรุงด้วยวิธีอนุพันธ์อันดับที่ 2 ส่งผลให้เกิดพีคที่เด่นชัดขึ้นมา ได้แก่ 6900, 5780, 5155 และ 4565 cm^{-1} (1450, 1725, 1940, 2190 nm ตามลำดับ) โดยพีคที่เลขคลื่น 5900 cm^{-1} เป็นพีคการสั่นสะเทือนแบบโอเวอร์โทนอันดับที่ 1 ของพันธะ CH_3 สำหรับพีคที่เลขคลื่น 4565 cm^{-1} เป็นการสั่นสะเทือนของพันธะ $\text{HC}=\text{CH}$ แบบคอมบิเนชัน โดยทั้งสองพันธะนี้เป็นพันธะโครงสร้างของไขมัน (Osborne and Fearn, 1986)



ภาพที่ 2 สเปกตรัมเนียร์อินฟราเรดของกะทิและกะทิปลอมปนด้วยน้ำที่ระดับต่างๆ

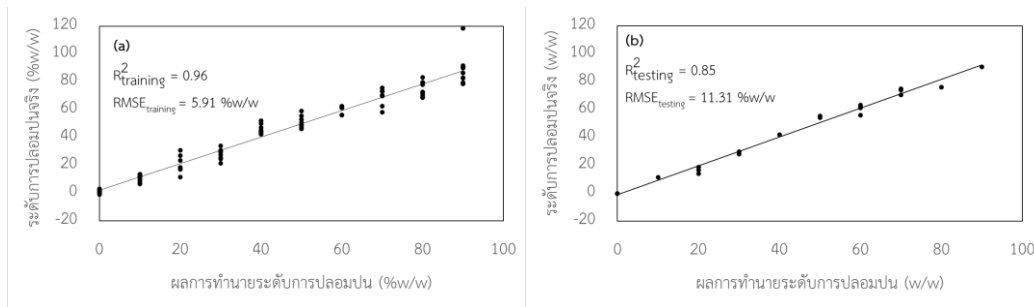


ภาพที่ 3 สเปกตรัมเนียร์อินฟราเรดที่ถูกดำเนินการปรับปรุงด้วยวิธีอนุพันธ์อันดับที่ 2 ของกะทิและกะทิปลอมปนด้วยน้ำที่ระดับต่างๆ

ตารางที่ 1 แสดงผลการทำนายระดับการปลอมปนของน้ำในกะทิด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี แบบจำลองเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี ที่สร้างจากเทคนิค PLSR พัฒนาขึ้นด้วยค่า principal component (PC) เท่ากับ 11 จากผลการทำนายแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีสมรรถนะในการตรวจสอบระดับการปลอมปนของน้ำในกะทิ โดยผลการทำนายข้อมูลในชุดสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิค PLSR แสดงค่า $R^2_{training} = 0.96$ และค่า $RMSE_{training} = 5.91$ %w/w และการทำนายข้อมูลในชุดทดสอบแบบจำลองแสดงค่า $R^2_{testing} = 0.85$ และค่า $RMSE_{testing} = 11.13$ %w/w ผลการทำนายนี้แสดงให้เห็นว่าเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี มีความสามารถในการตรวจสอบระดับการปลอมปนของน้ำในกะทิ ภาพที่ 4 แสดงแผนภาพการกระจายตัวของผลการทำนายของชุดสร้างแบบจำลองและชุดทดลองแบบจำลอง

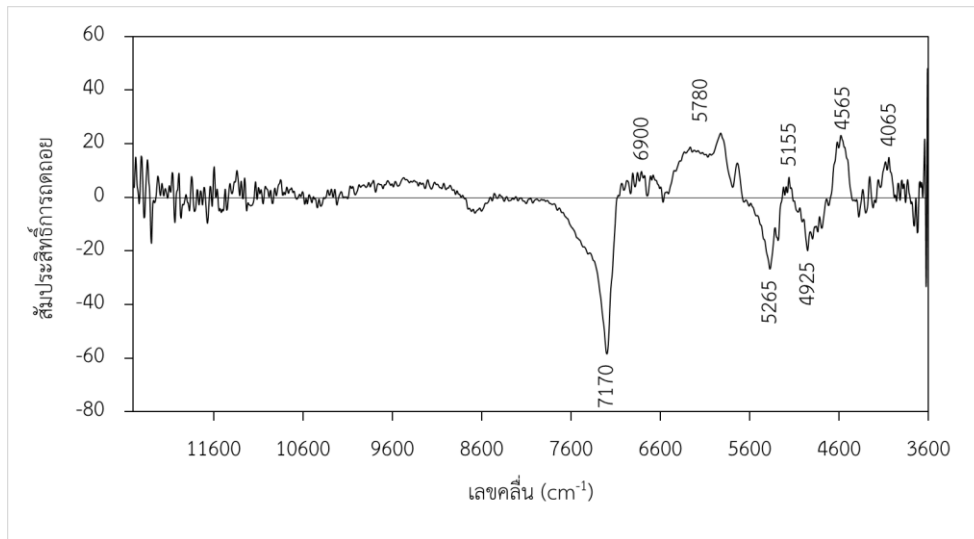
ตารางที่ 1 ผลการทำนายระดับการปลอมปนของน้ำในกะทิด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

แบบจำลอง	PC	การทำนายชุดสร้างแบบจำลอง	การทำนายชุดทดสอบแบบจำลอง
		$R^2_{training}$	$R^2_{testing}$
		$RMSE_{training}$	$RMSE_{testing}$
		(%w/w)	(%w/w)
PLSR	11	0.96	0.85
		5.91	11.13



ภาพที่ 4 แผนภาพการกระจายตัวของผลการทำนายของชุดสร้างแบบจำลอง (a) และชุดทดลองแบบจำลอง (b)

ภาพที่ 5 แสดงสัมประสิทธิ์การถดถอยจากแบบจำลองที่สร้างด้วยวิธี PLSR ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเป็นค่าที่แสดงถึงระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรต้น (ค่าการดูดคลื่นแสงเนียร์อินฟราเรดที่ความยาวคลื่นต่างๆ) กับตัวแปรตาม (ค่าระดับการปลอมปน) จากแบบจำลองที่สร้างจากเทคนิค PLSR โดยหาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่าสูงที่ตำแหน่งความยาวคลื่นใดแสดงว่าความยาวคลื่นนั้นมีอิทธิพลต่อแบบจำลองการทำนายระดับการปลอมปนของน้ำในกะทิ จากรูปค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่าสูงที่เลขคลื่น 7170, 6900, 5780, 5265, 5155, 4925, 4565 และ 4065 cm^{-1} (1395, 1450, 1725, 1900, 1940, 2030, 2190 และ 2460 nm) โดยพีกเหล่านี้สัมพันธ์กับการสั่นสะเทือนของพันธะทางเคมีของน้ำ ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน โดยที่เลขคลื่น 6900 และ 5155 cm^{-1} สอดคล้องกับการสั่นสะเทือนของน้ำแบบโอเวอร์โทนอันดับที่ 1 และคอมบิเนชันของพันธะ O-H การสั่นสะเทือนของพันธะทางเคมี CH₂ ของไขมันแบบคอมบิเนชันและแบบโอเวอร์โทนอันดับที่ 1 ที่เลขคลื่น 7170 และ 5780 cm^{-1} นอกจากนั้นมีการสั่นสะเทือนของพันธะทางเคมี HC=CH ของไขมันแบบคอมบิเนชัน 4565 cm^{-1} พันธะทางเคมีของคาร์โบไฮเดรตแสดงขึ้นที่เลขคลื่น 5265 และ 4065 cm^{-1} โดยสัมพันธ์กับการสั่นสะเทือนแบบคอมบิเนชันของ starch พีกของโปรตีนแสดงให้เห็นที่เลขคลื่น 4925 cm^{-1} ซึ่งสอดคล้องกับการสั่นสะเทือนของพันธะ CONH₂ แบบโอเวอร์โทนอันดับที่ 2 จากที่กล่าวมานี้แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีที่สร้างจากเทคนิค PLSR ที่ใช้ในการตรวจสอบการปลอมปนของน้ำในกะทิเกิดขึ้นจากความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีในกะทิจากการปลอมปนของน้ำ



ภาพที่ 5 สัมประสิทธิ์การถดถอยจากแบบจำลองที่สร้างด้วยวิธี PLSR

อภิปรายผล

จากการศึกษาครั้งนี้ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการตรวจสอบการปลอมปนของน้ำในกะทิด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีมีความสามารถในการตรวจสอบระดับการปลอมปนของน้ำในกะทิโดยแบบจำลองที่สร้างด้วยเทคนิค PLSR จากสเปกตรัมเริ่มต้นแสดงค่า $R^2_{training} = 0.96$ และ $R^2_{testing} = 0.85$ ผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นถึงแนวทางในการประยุกต์ใช้เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีในการตรวจสอบการปลอมปนของน้ำในกะทิในระดับอุตสาหกรรมได้

ข้อเสนอแนะ

แบบจำลองที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้เกิดขึ้นจากตัวอย่างกะทิจากมะพร้าวจากแหล่งที่มาเดียว ซึ่งหากต้องการให้แบบจำลองที่ใช้ในตรวจสอบการปลอมปนของน้ำในกะทิตครอบคลุมมะพร้าวมากขึ้นควรใช้ตัวอย่างจากหลายแหล่งที่มาในจังหวัดหรือประเทศต่างๆ เนื่องจากมะพร้าวที่เพาะปลูกในแต่ละแหล่งเพาะปลูกจะมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน ดังนั้นหากแบบจำลองเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีถูกสร้างจากตัวอย่างมะพร้าวหลากหลายแหล่งที่มาย่อมมีความสามารถในการตรวจสอบได้ครอบคลุมตัวอย่างจากแหล่งที่มาเหล่านั้น

เอกสารอ้างอิง

กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. (2565). **สินค้ามะพร้าวและกะทิ**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

<https://api.dtn.go.th/files/v3/60f7d503ef41404c21342ef0/download> (วันที่ค้นข้อมูล : 7 พ.ค. 2565)

Alyaqubi, S., Abdullah, A., Samudi, M., Abdullah, N., Addai, Z. R., & Musa, K. H. (2015).

Study of antioxidant activity and physicochemical properties of coconut milk (Pati santan) in Malaysia. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 7(4), 967-973.

Bazar, G., Romvari, R., Szabo, A., Somogyi, T., Eles, V., & Tsenkova, R. (2016). **NIR detection of honey adulteration reveals differences in water spectral pattern. Food Chemistry. 194: 873-880.**

Guelpa, A., Marini, F., Plessis, A. D., Slabbert, R., & Manley, M. (2017). **Verification of authenticity and fraud detection in South African honey using NIR spectroscopy. Food Control. 73: 1388-1396.**

Li S., Zhang, X., Shan, Y., Donglin, S., Ma, Q., Wen, R., & Li J. (2017). **Qualitative and quantitative detection of honey adulterated with high-fructose corn syrup and maltose syrup by using near-infrared spectroscopy. Journal of Sensor Letters. 218: 231-236.**

Ma, H. L., Wang, J. W., Chen, Y. J., Cheng, J. L., & Lai, Z. T. (2017). **Rapid authentication of starch adulterations in ultrafine granular powder of Shanyao by near-infrared spectroscopy coupled with chemometric methods. Food Chemistry. 215: 108-115.**

Osborne, B. G., & Fearn, T. 1986. **Near infrared spectroscopy in food analysis (1st published, pp. 117).** Longman Science & Technical, UK.

Thitibunjan, N., & Sirisomboon, P. (2014). **Detection of Adulteration of Soy Sauce by Brine Using Near Infrared Spectroscopy. Agriculture and Agricultural Science Procedia. 2: 212-217.**

Xu, L., Shi, P. T., Ye, Z. H., Yan, S. M., & Yu, X. P. (2013). **Rapid analysis of adulterations in Chinese lotus root powder (LRP) by near-infrared (NIR) spectroscopy coupled with chemometric class modeling techniques. Food Chemistry. 141(3): 2434-2439.**

Xu, L., Shi, W., Cai, C. B., Zhong, W., & Tu, K. (2015). Rapid and nondestructive detection of multiple adulterants in kudzu starch by near infrared (NIR) spectroscopy and chemometrics. *LWT - Food Science and Technology*. 61: 590-595.

แบบจำลองสำหรับประมาณค่าปริมาณเมฆจากค่ารังสีอาทิตย์รวมในจังหวัดภูเก็ต
Model for Estimating the Cloud Cover from Global Solar Radiation
in Puket Province, Thailand

สุวิทย์ เพชรทวยลิก¹
Suwit Phethuayluk

บทคัดย่อ

ในการวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาแบบจำลองการประมาณค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนจากข้อมูลรังสีอาทิตย์รวมรายวันเฉลี่ยรายเดือนในจังหวัดภูเก็ตระหว่างปี พ.ศ. 2548 – 2560 และ ทดสอบแบบจำลองด้วยข้อมูลของปี พ.ศ. 2561 – 2563 โดยใช้แบบจำลองในรูปของสมการเอ็มพีริคัล 9 รูปแบบ ที่พัฒนามาจากสมการถดถอยเชิงเส้นของ Angström-Prescott และรูปแบบสมการอื่นๆ ได้แก่ สมการกำลังสอง สมการกำลังสาม ลอการิทึม เอ็กโพเนนเชียล และยกกำลัง เป็นต้น ผลการการศึกษา พบว่า แบบจำลองที่ให้ผลทดสอบสมรรถนะดีที่สุด อยู่ในรูปความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนต่อค่าปริมาณเมฆสูงสุดของการวัด (C/C_0) และ ค่ารังสีอาทิตย์ รวมต่อรังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวันเฉลี่ยรายเดือน (H/H_0) เป็น $C = C_0 [0.9525 \exp(1 - H/H_0) - 0.9193]$ ที่ให้ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ค่าสัมประสิทธิ์ Nash-Sutcliffe (NS) ความคลาดเคลื่อนยกกำลังสองเฉลี่ยรากที่สอง (RMSE) ความคลาดเคลื่อนในรูปความเอนเอียงเฉลี่ย (MBE) ความคลาดเคลื่อนในรูปความเอนเอียงสมบูรณ์เฉลี่ย (MABE) ร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (MPE) ร้อยละความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และค่าสถิติแบบที (t-stat) เท่ากับ 0.884 0.781 0.468 0.310 0.340 5.086 % 5.561 % และ 2.929 ตามลำดับ โดยได้ค่าประเมินตัวบ่งชี้สมรรถนะทั้งหมด (GPI) เท่ากับ 0.619 แสดงว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองแบบเอ็กโพเนนเชียลและจากการวัดมีความสอดคล้องกัน และสามารถนำไปใช้กับพื้นที่อื่นๆ ที่มีสภาพภูมิอากาศใกล้เคียงกันได้

คำสำคัญ : ปริมาณเมฆ ค่ารังสีอาทิตย์รวม สมการเอ็มพีริคัล จังหวัดภูเก็ต

¹ ผศ., สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง

Abstract

In this research, the monthly average daily cloud amount estimation model is developed from the monthly average daily global solar radiation data in Puket province between 2006 - 2016, and test the model with data from 2017-2019. In this study, nine empirical models were derived from the Angström-Prescott linear regression model and its derivatives such as quadratic, cubic, logarithmic, exponential and power. The result found that the best performance model was correlated between the ratio of monthly average daily cloud amount to maximum cloud volume of measurement (C/C_0), and the monthly average daily global solar radiation per daily extraterrestrial radiation (H/H_0) as $C = C_0 [0.9525 \exp(1 - H/H_0) - 0.9193]$. That provides statistical analysis results are the correlation coefficient (R), the Nash-Sutcliffe coefficient (NS), root mean square error (RMSE), mean bias error (MBE), mean absolute bias error (MABE), mean percentage error (MPE), mean absolute percentage error (MAPE) and *t*-statistic (*t*-stat) equal to .884 0.781 0.468 0.310 0.340 5.086 % 5.561 % and 2.929, respectively. This received a global performance indicator (GPI) assignment of 0.619. According to the results, the exponential model predicted and the measurements are consistent and can be applied to other a similar climate area.

Keywords : cloud amount, global solar radiation, empirical equation, Puket province

บทนำ

ดวงอาทิตย์ถือเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตบนโลกของเรา พลังงานที่ออกมาจากดวงอาทิตย์จะอยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นต่างๆ ตั้งแต่รังสีแกมมาไปจนถึงคลื่นวิทยุ ซึ่งเรียกกันโดยทั่วไปว่า รังสีอาทิตย์ (solar radiation) รังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกเป็นปริมาณที่เราสามารถหาได้อย่างแม่นยำโดยอาศัยการตรวจวัดด้วยดาวเทียม หรือคำนวณทางทฤษฎี ทั้งนี้ปริมาณของรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบ ณ ตำแหน่งใดๆ ที่ส่วนบนของชั้นบรรยากาศ (top of atmosphere, TOA) จะมีค่ามากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ และมุมตกกระทบ ซึ่งเราสามารถคำนวณตัวแปรต่างๆ ดังกล่าวนี้ได้ อย่างแม่นยำโดยอาศัยทฤษฎีฟิสิกส์ดาราศาสตร์ ข้อมูลรังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกมีความสำคัญต่อการออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้งานในอวกาศต่างๆ อาทิเช่น เซลล์สุริยะของดาวเทียมหรือยานอวกาศต่างๆ ในอดีตที่ผ่านมา

นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการวัดและศึกษาความเข้มรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกกันมาอย่างต่อเนื่อง หากพิจารณาพลังงานแสงอาทิตย์รวมทุกความยาวคลื่นที่เดินทางจากดวงอาทิตย์มาตกกระทบตั้งฉากบนพื้นที่ 1 ตารางเมตร จากระยะทางเฉลี่ย 1 AU จะมีความเข้มของรังสีประมาณ 1,367 W/m² เรียกว่า ค่าคงที่สุริยะ (solar constant)

รังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก เมื่อเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศลงมายังพื้นโลกของเรา จะถูกลดทอนความเข้ม ในรูปของการกระเจิงและดูดกลืนโดยเมฆและองค์ประกอบต่างๆ ในบรรยากาศ เช่น ฝุ่นละออง โอโซน ไอน้ำ และโมเลกุลก๊าซต่างๆ ของอากาศ ทั้งนี้เราสามารถจำแนกส่วนของรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นโลกได้เป็น 2 ส่วน คือ รังสีตรง (direct radiation) และรังสีกระจาย (diffuse radiation) ซึ่งผลรวมของรังสีทั้ง 2 ส่วนนี้ เรียกว่า รังสีรวม (global radiation) ดังนั้นการวัดรังสีอาทิตย์บนพื้นโลกสามารถกระทำได้หลากหลายวิธีการด้วยกัน ดังนั้นเมื่อวัดรังสีอาทิตย์ที่ถูกลดทอนและผ่านลงมาถึงพื้นผิวโลกก็จะสามารถหาปริมาณเมฆที่ครอบคลุมในพื้นที่นั้นๆ ได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อต้องการสร้างสมการถดถอยแบบเอ็มพีริคัลสำหรับการทำนายปริมาณเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้าจากค่ารังสีอาทิตย์รวมเหนือจังหวัดภูเก็ต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ทำการคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูลค่ารังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวัน (H_0) แล้วนำมาเฉลี่ยรายเดือนใน MJ/m²-day ของสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดภูเก็ตโดยใช้สมการความสัมพันธ์ (Girma Dejene Nage, 2018)

$$H_0 = \frac{24 \times 3,600 I_{sc}}{\pi} \left(1 + 0.033 \cos \left[\frac{360d}{365} \right] \right) \left(\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + \frac{\pi \omega_s}{180} \sin \phi \sin \delta \right) \quad (1)$$

เมื่อ H_0 คือ ค่ารังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวันเฉลี่ยรายเดือน (MJm⁻²day⁻¹) I_{sc} คือ

ค่าคงที่รังสีอาทิตย์ (1,367 Wm⁻²) ϕ คือ มุมละติจูดของสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดภูเก็ต δ คือ ค่ามุม declination ของดวงอาทิตย์

$$\delta = 23.45 \sin \left(\frac{360}{365} [284 + d] \right) \quad (2)$$

เมื่อ d คือ ลำดับที่ของวันในรอบปี และ ω_s คือ ค่ามุมชั่วโมงดวงอาทิตย์ ซึ่งหาได้จาก

$$\omega_s = \cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta) \quad (3)$$

2. รวบรวมข้อมูลพื้นฐานของปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือน (C) และค่ารังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยรายเดือน (H) ในพื้นที่จังหวัดภูเก็ตที่ทำการวัดโดยสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดภูเก็ตในช่วงปี พ.ศ. 2548-2563 โดยที่ค่าปริมาณเมฆสูงสุดของการวัด (C_0) เท่ากับ 10

3. แยกข้อมูลออกเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่ง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 -2560 รวมเวลาเป็น 11 ปี แล้วนำมาเฉลี่ยเป็นข้อมูลสำหรับสร้างสมการเอมพิริคัล ส่วนข้อมูลส่วนที่ 2 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561 -2563 นำมาเฉลี่ยเป็นข้อมูลทดสอบสมการเอมพิริคัล ดังตารางที่ 3

4. สร้างสมการเอมพิริคัลของความสัมพันธ์ระหว่างความยาวนานแสงแดดและปริมาณเมฆ ด้วยสมการ 9 รูปแบบ ที่ปรับปรุงมาจากรูปแบบสมการต่างๆ ได้แก่ สมการถดถอยเชิงเส้น สมการกำลังสอง สมการกำลังสาม ลอการิทึม เอ็กโพเนนเชียล และยกกำลัง เป็นต้น

5. ทดสอบแบบจำลองสมการที่ได้ในข้อ 4 และวิเคราะห์ผลการทดสอบด้วยค่าทางสถิติ ประกอบด้วย ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, R) (Slavica Brkić and Blanka Tuka, 2018) ค่าสัมประสิทธิ์ Nash-Sutcliffe (Nash-Sutcliffe coefficient, NS) (Qingwen Zhang, et al., 2018) ความคลาดเคลื่อนในรูปความเอนเอียงเฉลี่ย (mean bias error, MBE) ความคลาดเคลื่อนในรูปความเอนเอียงสมบูรณ์เฉลี่ย (mean absolute bias error, MABE)

ตารางที่ 1 ค่ารังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก

และค่ารังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดภูเก็ตที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

Year	Monthly Mean Daily of Extraterrestrial / Global Solar Radiation (MJ/m ² -day)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
H ₀	32.62	34.83	36.80	37.32	36.61	35.94	36.15	36.83	36.71	35.12	32.93	31.79
2005	20.94	23.62	24.01	23.56	17.85	16.64	17.48	19.04	17.51	14.76	15.83	14.30
2006	19.56	22.25	22.24	20.98	17.68	16.49	15.95	16.87	19.39	18.34	20.48	19.03
2007	19.08	23.72	23.06	21.14	16.82	17.73	16.49			14.09	17.77	18.44
2008	20.43	21.13	22.63	21.27	17.74	18.07	19.50	16.77	17.88	18.46		
2009	20.81	22.13	20.94	21.31	17.02	19.65	17.05	18.03	16.27	17.84	18.29	19.59
2010	20.28	23.25	23.62	22.96	19.16	16.33	16.43	16.62	17.74	14.49	14.95	14.10
2011	18.12	22.22	16.91	22.83	20.24		16.67	17.49	17.25	17.55	19.48	17.53
2012	18.04	22.42	22.43	19.98	16.60	17.95	18.05	19.05	15.95	20.17	18.15	
2013	19.75	19.23	24.11	18.53	17.66	16.43	15.36	17.90	17.14	16.96	16.68	18.30
2014	21.13	23.97	24.24	20.51	19.10	16.24	17.54	17.88	17.90	16.17	17.81	16.40
2015	20.83	22.89	24.13	22.31	21.20	16.30	16.76	15.38	16.54	18.43	17.50	20.16
2016	21.13	23.97	24.24	20.51	19.10	16.24	17.54	17.88	17.90	16.17	17.81	16.40
2017	16.91	22.45	22.92	19.99	15.15	18.37	18.60	17.73	16.30	19.55	16.21	17.72
2018	18.08	23.54	23.98	21.48	19.15	15.90	17.45	18.31	18.32	18.16	18.42	18.00
2019	19.87	24.06	23.86	21.52	18.95	17.79	18.72	17.21	19.05	19.81	19.23	20.42
2020	21.46	22.68	24.61	23.98	17.42	15.99	16.84	18.95	15.43	14.38	18.16	17.14

ตารางที่ 2 ค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดภูเก็ตที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

Year	Monthly Average Daily of Cloud Amount (deca)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2005	3	2	3	4	6	6	6	7	7	8	7	7
2006	5	4	5	5	6	7	7	6	7	6	5	5
2007	5	3	5	6	6	6	7	7	7	7	6	5
2008	5	5	5	6	6	7	6	6	7	6	6	5
2009	4	4	6	6	7	6	7	7	7	6	5	5
2010	5	3	5	6	6	7	7	7	7	7	7	7
2011	6	4	6	6	6	7	7	7	7	7	6	6
2012	6	5	6	6	7	6	7	6	7	6	6	6
2013	5	5	4	6	7	7	7	6	7	7	6	5
2014	5	3	3	6	6	7	7	7	7	7	6	6
2015	5	4	5	6	6	7	7	7	8	7	6	5
2016	4	5	5	5	7	7	7	8	8	8	6	7
2017	7	5	5	7	7	7	7	7	7	6	7	6
2018	6	4	5	6	7	7	7	7	7	7	7	6
2019	6	4	5	6	7	7	6	7	7	7	6	4
2020	4	4	4	5	7	7	7	6	7	7	7	6

ความคลาดเคลื่อนยกกำลังสองเฉลี่ยรากที่สอง (root mean square error, RMSE) ร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (mean percentage error, MPE) ร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (mean absolute percentage error, MAPE) และ ค่าสถิติแบบที (t-statistic, t-stat) (Can Ekici, 2019) ด้วยสมการ

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n [(C_{i,c} - \bar{C}_c)(C_{i,m} - \bar{C}_m)]}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (C_{i,m} - \bar{C}_m)^2 \sum_{i=1}^n (C_{i,c} - \bar{C}_c)^2 \right]}} \quad (4)$$

ตารางที่ 3 ค่ารังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก ค่ารังสีอาทิตย์รวมสำหรับสร้างสมการและทดสอบสมการ และค่าปริมาณเมฆสำหรับสร้างสมการและทดสอบสมการของข้อมูลรายวันเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดภูเก็ต

Month	H _o (MJm ⁻² day ⁻¹)	H (MJm ⁻² day ⁻¹)	H _m (MJm ⁻² day ⁻¹)	C (deca)	C _m (deca)
January	32.62	19.77	19.80	5.03	5.33
February	34.83	22.56	23.43	4.03	4.00
March	36.80	22.73	24.15	4.85	4.67
April	37.32	21.22	22.33	5.78	5.67
May	36.61	18.10	18.51	6.38	7.00
June	35.94	17.20	16.56	6.69	7.00
July	36.15	17.19	17.67	6.88	6.67
August	36.83	17.55	18.16	6.76	6.67
September	36.71	17.31	17.60	7.15	7.00
October	35.12	17.15	17.45	6.76	7.00
November	32.93	17.58	18.60	6.08	6.67
December	31.79	17.45	18.52	5.77	5.33

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (C_{i,m} - C_{i,c})^2}{\sum_{i=1}^n (C_{i,m} - \bar{C}_m)^2} \quad (5)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (C_{i,m} - C_{i,c})^2} \quad (6)$$

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (C_{i,m} - C_{i,c}) \quad (7)$$

$$MABE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |(C_{i,m} - C_{i,c})| \quad (8)$$

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_{i,m} - C_{i,c}}{C_{i,m}} \right) \times 100 \quad (9)$$

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \left(\frac{C_{i,m} - C_{i,c}}{C_{i,m}} \right) \right| \times 100 \quad (10)$$

$$t\text{-stat} = \sqrt{\frac{(n-1)MBE^2}{RMSE^2 - MBE^2}} \quad (11)$$

เมื่อ $C_{i,c}$ คือ ค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการเอ็มพริคัล \bar{C}_c คือ ค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายปีที่ได้จากการคำนวณเอ็มพริคัล $C_{i,m}$ คือ ค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนที่ได้จากการวัด \bar{C}_m คือ ค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายปีที่ได้จากการวัด และ n คือ ลำดับที่ของเดือนในรอบปี โดยที่ค่า MBE และ RMSE มีหน่วยเป็น deca

6. ทำการวิเคราะห์หาสมการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดภูเก็ตจากค่าทางสถิติในข้อที่ 5 ด้วยค่าประเมินตัวบ่งชี้สมรรถนะทั้งหมด (global performance indicator, GPI) ซึ่งค่า GPI ที่มีค่ามากที่สุดจะเป็นแบบจำลองที่มีสมรรถนะดีที่สุด ด้วยสมการ (Qingwen Zhang, et al., 2018)

$$GPI = \sum_{j=1}^7 [\alpha_j (y_j - y_{ij})] \quad (12)$$

เมื่อ α_j มีค่าเท่ากับ -1 สำหรับค่าทางสถิติ R และ NS ส่วนค่าทางสถิติตัวอื่นๆ ที่เหลือ α_j มีค่าเท่ากับ +1 ส่วนค่า y_j เป็นค่ามัธยฐานของค่าทางสถิติแต่ละตัวของแบบจำลองทั้งหมด และค่า y_{ij} เป็นค่าทางสถิติของแต่ละตัวแบบจำลอง

ผลการวิจัย

ได้การสร้างสมการเอ็มพริคัลทั้ง 9 รูปแบบ (ดังตารางที่ 4) ที่เป็นสมการพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย สมการถดถอยเชิงเส้น สมการกำลังสอง สมการกำลังสาม ลอการิทึม เอ็กโพเนนเชียล (2 สมการ) ยกกำลัง สมการผสมถดถอยเชิงเส้นและลอการิทึม และสมการผสมถดถอยเชิงเส้นและเอ็กโพเนนเชียล ได้ค่าสัมประสิทธิ์เอ็มพริคัลดังในตารางที่ 5

ตารางที่ 4 รูปแบบสมการเอ็มพีริคัลทั้ง 9 สมการ ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

Model No.	Model type	Regression equation modified	Source
1	Linear	$C = C_0 [a + b(1 - H / H_0)]$	Md. Nazmul Islam Sarkar and Anwarul Islam
2	Quadratic	$C = C_0 [a + b(1 - H / H_0) + c(1 - H / H_0)^2]$	Sifat (2016)
3	Cubic	$C = C_0 \left[a + b(1 - H / H_0) + c(1 - H / H_0)^2 + d(1 - H / H_0)^3 \right]$	
4	Logarithmic	$C = C_0 [a + b \ln(1 - H / H_0)]$	
5	Exponential	$C = C_0 (a \exp[b(1 - H / H_0)])$	
6	Power	$C = C_0 [a(1 - H / H_0)^b]$	
7	Exponential	$C = C_0 [a + b \exp(1 - H / H_0)]$	A.M. Muzathik, et al. (2011)
8	Linear logarithmic	$C = C_0 [a + b(1 - H / H_0) + c \ln(1 - H / H_0)]$	
9	Linear exponential	$C = C_0 [a + b(1 - H / H_0) + c \exp(1 - H / H_0)]$	

เมื่อทดสอบสมการที่ได้ พบว่า ค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดภูเก็ตไม่ได้แตกต่างกัน โดยแต่ละสมการให้ค่าทางสถิติที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) มีค่าอยู่ในช่วง 0.864 – 0.924 ค่า NS มีค่าอยู่ในช่วง 0.659 – 0.788 ค่า RMSE มีค่าอยู่ในช่วง 0.460 – 0.585 โดยที่ค่า MBE มีค่าอยู่ในช่วง 0.307 – 0.396 ค่า MABE มีค่าอยู่ในช่วง 0.339 – 0.467 สำหรับค่า MPE มีค่าอยู่ระหว่าง 4.996 – 7.411 % ส่วน

MAPE มีค่าอยู่ระหว่าง 5.561 – 8.535 % และค่า t-stat มีค่าอยู่ระหว่าง 2.660 – 3.685 ตามลำดับ ดังตารางที่ 5 โดยที่ค่า R และค่า NS ให้ค่าที่ดีที่สุดเมื่อมีค่าเท่ากับ 1 ส่วนค่า RMSE MBE MPE MAPE และ t-stat จะให้ค่าที่ดีที่สุดเมื่อเข้าใกล้ศูนย์

ตารางที่ 5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยและค่าทางสถิติที่ใช้ทดสอบสมการทั้ง 9 รูปแบบ

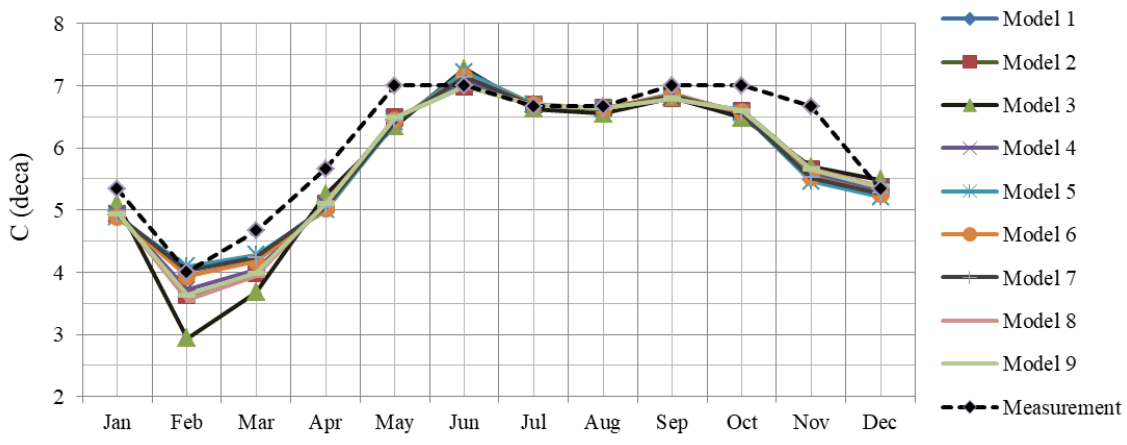
Model No.	Regression Coefficient				R	NS	RMSE (deca)	MBE (deca)	MABE (deca)	MPE (%)	MAPE (%)	t-stat	GPI	Rank
	a	b	c	d										
1	-0.096	1.497			0.895	0.786	0.463	0.316	0.339	5.270	5.593	3.104	0.435	2
2	-0.675	4.128	-2.932		0.923	0.787	0.462	0.342	0.353	5.981	6.169	3.660	-0.681	7
3	-7.73	53.02	-114.69	84.28	0.903	0.659	0.585	0.396	0.467	7.411	8.535	3.056	-2.829	9
4	1.116	0.666			0.914	0.788	0.461	0.334	0.347	5.753	5.949	3.485	-0.286	5
5	0.171	2.677			0.864	0.760	0.490	0.307	0.365	4.996	6.013	2.660	0.348	3
6	1.496	1.197			0.890	0.776	0.474	0.320	0.350	5.364	5.803	3.030	0.260	4
7	-0.919	0.953			0.884	0.781	0.468	0.310	0.340	5.086	5.561	2.929	0.619	1
8	2.098	-1.215	1.205		0.924	0.781	0.468	0.348	0.360	6.138	6.356	3.685	-0.913	8
9	3.107	7.30	-3.70		0.922	0.788	0.460	0.341	0.351	5.949	6.132	3.651	-0.632	6
Median					0.903	0.781	0.468	0.334	0.351	5.753	6.013	3.104		

อภิปรายผลการวิจัย

สำหรับผลการวิเคราะห์หาแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากภาพที่ 1 พบว่า ทุกแบบจำลองให้ผลที่ใกล้เคียงกันมาก โดยแบบจำลองที่ 7 แบบเอ็กโพเนนเชียล ให้ค่า GPI สูงสุดเท่ากับ 0.619 จึงมีความเหมาะสมที่สุด ด้วยสมการความสัมพันธ์

$$C = C_0 [0.9525 \exp(1 - H / H_0) - 0.9193] \quad (13)$$

โดยให้ค่า R NS RMSE MBE MABE MPE MAPE และ t-stat เป็น 0.884 0.781 0.468 0.310 0.340 5.086 % 5.561 % และ 2.929 ตามลำดับ



ภาพที่ 1 แสดงผลการทดสอบแบบจำลองทั้ง 9 รูปแบบ เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการวัด

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ได้สร้างแบบจำลองสมการเอมพิริคัลของความสัมพันธ์ที่ได้จากปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือน (C) และค่ารังสีอาทิตย์รวมรายวันเฉลี่ยรายเดือน (H) ซึ่งสมการเอ็กโพเนนเชียลมีความเหมาะสมที่สุดของจังหวัดภูเก็ตเป็น

$$C = C_0 [0.9525 \exp(1 - H / H_0) - 0.9193]$$

โดยให้ค่า R NS RMSE MBE MABE MPE MAPE และ t-stat เป็น 0.884 0.781 0.468 0.310 0.340 5.086 % 5.561 % และ 2.929 ตามลำดับ โดยได้ค่าประเมินตัวบ่งชี้สมรรถนะทั้งหมด (GPI) เท่ากับ 0.619 นั้นแสดงว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองแบบเอ็กโพเนนเชียลและจากการวัดมีความสอดคล้องกัน และสามารถนำไปใช้กับพื้นที่อื่นๆ ที่มีสภาพภูมิอากาศใกล้เคียงกันได้

เอกสารอ้างอิง

A.M. Muzathik, W.B.W. Nik, M.Z. Ibrahim, K.B. Samo1, K. Sopian and M.A. Alghoul, 2011. **Daily Global Solar Radiation Estimate Based on Sunshine Hour.** International Journal of Mechanical and Materials Engineering (IJMME), 6 (1): 75-80.

Can Ekici, 2019. **Total Global Solar Radiation Estimation Models and Applications: A review.** International Journal of Innovative Technology and Interdisciplinary Sciences, 2(3) : 236-252.



- Girma Dejene Nage, 2018. **Estimation of Monthly Average Daily Solar Radiation from Meteorological Parameters: Sunshine Hours and Measured Temperature in Tepi, Ethiopia.** International Journal of Energy and Environmental Science, 3(1): 19-26.
- Md. Nazmul Islam Sarkar and Anwarul Islam Sifat, 2016. **Global Solar Radiation Estimation from Commonly Available Meteorological Data for Bangladesh.** Renewables, 3(6): 1-14.
- Qingwen Zhang, Ningbo Cui, Yu Feng, Yue Jia, Zhuo Li and Daozhi Gong, 2018. **Comparative Analysis of Global Solar Radiation Models in Different Regions of China.** Advances in Meteorology Journal, Article ID 3894831, 21 pages : <https://doi.org/101155/2018/3894831>
- Slavica Brkić and Blanka Tuka, 2018. **Estimation of Global Solar Radiation from Sunshine Duration for Mostar, Bosnia and Herzegovina.** Journal of Scientific and Engineering Research, 5(11): 265-273.

การผลิตและสมบัติของข้าวเกรียบปลาจากปลาเล็กปลาน้อย

Production and properties of fish crispy from small fish

อรุณญา อ่ำไพจิตร¹ และ พรหมภัสสร พรทวีโชคโกดิน²

Aranya Ampaichit and Phrompatsorn Phontaweechookpokin

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประโยชน์จากปลาเล็กปลาน้อยในการผลิตข้าวเกรียบปลา โดย 1) ศึกษาชนิดของปลาเล็กปลาน้อยที่มีขายในท้องตลาดโดยทั่วไป ได้แก่ ปลากระตัก ปลาข้าวสาร และปลาสาบไหม 2) ศึกษาปริมาณปลาเล็กปลาน้อยโดยแปรผันปริมาณปลาเป็นร้อยละ 50, 100 และ 150 โดยน้ำหนัก 3) วิเคราะห์คุณภาพกายภาพ ได้แก่ ค่า Hardness , aw, L*, a*, b* และ 4) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า ชนิดและปริมาณของปลาเล็กปลาน้อยที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเกรียบปลาจากปลาเล็กปลาน้อย คือ ปลากระตักที่มีปริมาณร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก จะให้ลักษณะและคุณภาพของข้าวเกรียบที่ดีที่สุดโดยมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น ปลา รสชาติ ความกรอบและความชอบโดยรวมเท่ากับ 4.12, 3.91, 4.14, 4.31 และ 4.27 ตามลำดับและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อทดสอบคุณภาพทางกายภาพของข้าวเกรียบปลากระตัก ร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก เทียบกับข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุม ที่ผ่านการทอดแล้ว พบว่า ข้าวเกรียบปลาจากปลากระตัก มีค่าน้ำอิสระ (aw) ต่ำกว่าสูตรควบคุม เท่ากับ 0.23, 0.26 ตามลำดับ มีค่าความสว่าง (L*) มากกว่า ค่าความเป็นสีแดง (a*) น้อยกว่า และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) มากกว่า สูตรควบคุม และมีค่าความแข็งเท่ากับ 840.95 กรัม การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่าข้าวเกรียบปลากระตัก มีปริมาณความชื้น, โปรตีน, ไขมัน, คาร์โบไฮเดรต, และเถ้าร้อยละ 2.85, 5.23, 29.59, 59.71 และ 2.62 ตามลำดับ ข้าวเกรียบปลากระตักพร้อมบริโภคปริมาณ 100 กรัม มีปริมาณแคลเซียมมากกว่าสูตรควบคุมและมีปริมาณพลังงานทั้งหมดน้อยกว่าสูตรควบคุมซึ่งมีค่าเท่ากับ 227.78 มิลลิกรัม และ 526.07 กิโลแคลอรี ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าปลากระตักสามารถนำมาใช้ในการผลิตข้าวเกรียบปลาโดยมีปริมาณแคลเซียมที่เพิ่มขึ้นทำให้คุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบมีเพิ่มมากขึ้นด้วย อีกทั้งยังเหมาะสำหรับผู้ที่มีอาการแพ้นมแต่ต้องการแคลเซียมสามารถรับประทานได้

คำสำคัญ : ข้าวเกรียบปลา , ปลาเล็กปลาน้อย , ปลากระตัก , แคลเซียม

¹ อาจารย์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ Email : aranya.a@mail.rmutk.ac.th

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ Email : nawaporn.t@mail.rmutk.ac.th

Abstract

The objectives of this study for the production of fish crispy made from small fishes were 1) to study the types of small fishes commonly sold in the local markets selected from anchovy, rice fish, and cotton candy fish; 2) to study the quantity used of small fishes varied from 50, 100, 150% by weight; 3) to evaluate the physical qualities of fish crispy (hardness , aw, L*,a*,b*) when the type and quantity of small fishes were varied; and finally 4) to analyte the chemical compositions of the obtained fish crispy. The results found that the type and quantity of small fish appropriated for the production of fish crispy was anchovies with the content used of 100% by weight. It gave the best characteristics and quality of the crispy with the highest sensory acceptance scores in terms of color, fish smell, taste, crispness and liking, as 4.12, 3.91, 4.14, 4.31 and 4.27, respectively and it showed significantly difference to other groups ($p \leq 0.05$). Compared to the fried fish crispy (control formula), it was found that fish crispy made from 100% anchovies had the physical values of water activity (aw) and redness (a*) less than control formula (0.23, 0.26 and 1.11, 1.49, respectively) while the brightness (L*) and yellow (b*) was greater than the control formula (31.26, 27.01 and 11.46, 9.82, respectively). It had the hardness of 840.95 g. Chemical composition analysis showed that fish crispy (100% anchovies) contained moisture 2.85%, protein 5.23%, fat 29.59%, carbohydrate 59.71%, ash 2.62%, calcium 227.78 milligrams which higher than control formula but it had fat 29.59 % and total energy of 526.07 kilocalories lower than control formula. In this study, it can show that small fishes can be used to produce fish crispy with improving nutrition value better than the normal fried fish crispy. In addition, it also contained high calcium content which can be used as a source of calcium for people with cow's milk intolerance or who need calcium supplements.

Keywords: fish crispy , small fishes , anchovies , calcium

บทนำ

ปลากะตัก (Anchovy) เป็นปลาผิวน้ำขนาดเล็กที่พบแพร่กระจายทั่วไปตามชายฝั่ง ทะเลถึงระดับน้ำลึก 70 เมตร ทั้งทางฝั่งอ่าวไทยและทะเลอันดามันมีชื่อท้องถิ่นเรียกกันหลายชื่อได้แก่ ปลาไส้ตัน ปลาหัวอ่อน ปลาจิ้งจั้ง ปลามะลิ ปลาข้าวสาร ปลาอีวี่เกียะ เป็นต้น ปลากะตัก เป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทย เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยมีการนำปลากลุ่มนี้มาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น บริโภคสด ตากแห้ง แปรรูปทำน้ำปลา น้ำบูดู เป็นต้น จากสถิติการส่งออกของกรมประมง พบว่า ในปี 2557 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์ปลากะตักเท่ากับ 633.6 ตัน และ 23.49 ล้านบาท ตามลำดับตลาดยุโรปเป็นตลาดหนึ่งที่ยุโรปส่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักไปจำหน่าย โดยที่ไทยจะต้องควบคุมคุณภาพสินค้าให้สอดคล้องตามกฎระเบียบของสหภาพยุโรป ซึ่งในปี 2557 คณะกรรมาธิการยุโรปได้กำหนดปริมาณแคดเมียมในปลากะตักกลุ่ม Anchovy (*Engraulis species*) ไม่เกิน 0.25 mg/kg ในขณะที่ปลากะตักชนิดอื่น ๆ ที่ไม่ได้อยู่ในสกุล *Engraulis* กำหนดปริมาณแคดเมียมไม่เกิน 0.05 mg/kg ซึ่งส่งผลกระทบต่อ การส่งออกสินค้าปลากะตักของประเทศไทยไปสหภาพยุโรป เนื่องจากปลากะตักของประเทศไทยไม่ได้อยู่ในสกุล *Engraulis* และส่วนใหญ่มีปริมาณแคดเมียมสูงกว่า 0.05 mg/kg (นิศานาถ ตัณฑิตย์, ม.ป.ป., หน้า 1)

ข้าวเกรียบจัดเป็นอาหารขบเคี้ยวที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมทั้งประเทศไทย มีชื่อเรียกแตกต่างกันไป เช่น ในประเทศมาเลเซียว่า Keropok ประเทศอินโดนีเซีย เรียกว่า Krapuk (วิภาดา มุรินทร์นพมาศ และภารดี พลไชย, 2554, หน้า 1) แบ่งเป็นหนึ่งในส่วนผสมที่สำคัญสำหรับทำข้าวเกรียบปลา ได้แก่ แป้งที่ได้จากมันสำปะหลัง, ข้าวสาลี, ข้าวโพด, สาหร่าย, ข้าวและแป้งกระทั่งถั่วเขียวสามารถใช้ได้สำหรับการทำข้าวเกรียบปลา (Mohamed et al., 1988, abstract) และส่วนผสมอื่น ๆ ได้แก่ กุ้ง ปลา กระจับปักษ์ไทย น้ำตาล และ เกลือ ข้าวเกรียบผลิตจากแป้งเป็นส่วนประกอบหลักซึ่งในด้านคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบยังขาดสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายบางชนิด มีสารอาหารน้อยมากเป็นเพียงแหล่งพลังงานเท่านั้น อย่างไรก็ตามปริมาณแป้งก็ยังคงมีผลต่อการพองตัวและการขยายตัวของข้าวเกรียบ โดยทั่วไปแล้วปลาทะเลมักนำใช้ทำข้าวเกรียบปลามีรายงานว่ามีการใช้ปลาทะเลบางชนิดสำหรับสูตรข้าวเกรียบปลาชาร์ดิน (*Clupea leiogaster*) , ปลาจวดเทา (*Johnius soldado*), ปลาตาโต (*Brachydeuterus auritus*), ปลากะพง (*Lutjanus spp*), ปลาชะโด (*Ophiocephalus micropeltis*) และปลาแพเตอร์แบค (*Natopterus chilata*) (วิภาดา มุรินทร์นพมาศ และภารดี พลไชย, 2554, หน้า 16) ในเชิงพาณิชย์พบว่าข้าวเกรียบปลาในประเทศมาเลเซียได้มีการใช้ปลาข้างเหลือง (*Selaroides leptoleptis*) ปลาดาบหลวง (*Chirocentrus dorab*) (Nurul, Boni & Noryaty, 2009, p.159) และ ปลาอกแรกล้วย (*Dussumieria hasselti*) (วิทย์, 2522, หน้า 3) เป็นแหล่งของปลา ส่วนในอินโดนีเซียจะใช้ปลาอินทรียั้ง (*Scomberomerus commersoni*) เป็นแหล่งของปลา นอกจากการใช้เนื้อปลาสด

แล้ว ผงปลาก็เช่นกันที่ถูกนำมาใช้สำหรับทำข้าวเกรียบปลา โดยใช้เป็นผงโปรตีนปลาไฮโดรไลเสต ผงซูริมิ การใช้แบบผงปลา มีประโยชน์มากมายในอาหารเชิงพาณิชย์ สะดวกต่อการผลิตและการจัดการด้วยต้นทุนที่ต่ำกว่า จัดเก็บง่าย และมีประโยชน์ในขั้นตอนการผสม รวมทั้งโปรตีนจากน้ำล้างการผลิตลูกชิ้นปลา ก็สามารถนำมาใช้ในสูตรข้าวเกรียบปลาได้ (Nurul et al., 2009, p.160)

แคลเซียมเป็นสารอาหารสำคัญที่ร่างกายไม่สามารถสร้างแคลเซียมขึ้นเองได้ แคลเซียมเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกระดูกและฟันถึงร้อยละ 99 ที่เหลือจะช่วยการทำงานของหัวใจและกล้ามเนื้อ การแข็งตัวของเกล็ดเลือด การทำงานของเซลล์ประสาทและสมอง โดยทั่วไปเด็ก 3-10 ขวบควรได้รับแคลเซียมประมาณ 800 มิลลิกรัมต่อวัน วัยรุ่นและผู้ใหญ่ 800-1,000 มิลลิกรัมต่อวัน สตรีมีครรภ์และคุณแม่ที่ให้นมบุตรควรได้รับแคลเซียมเพิ่มขึ้นคือ 1,200 มิลลิกรัมต่อวัน ฉะนั้นหากได้รับแคลเซียมไม่เพียงพอจะทำให้เนื้อกระดูกบางลงกระดูกพรุนและกระดูกแตกหักได้ง่าย อาหารที่มีแคลเซียมเพียงพอจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับกระดูก (กินป้องกันกระดูกพรุน, 2561, ออนไลน์) ซึ่งนม ผลิตภัณฑ์จากนม รวมถึงปลาที่สามารถเคี้ยวได้ทั้งกระดูกจึงเป็นแหล่งของแคลเซียมที่ดี เช่น ปลา กะตัก สำหรับผู้ที่มีอาการแพ้นมวัว แหล่งแคลเซียมที่ได้จากนมและผลิตภัณฑ์จึงไม่เหมาะที่จะนำมารับประทาน เพราะอาจก่อให้เกิดอาการแพ้ถึงขั้นอันตรายต่อชีวิตได้ รองจากถั่วลิสงและถั่วเปลือกแข็งชนิดต่าง ๆ ดังนั้นเพื่อให้ข้าวเกรียบปลา มีสารอาหารและมีคุณค่าทางโภชนาการที่มีประโยชน์มากขึ้นจึงได้นำปลาเล็กปลาน้อยที่มีขายในท้องตลาดทั่วไป ซึ่งจัดว่าเป็นปลาที่สามารถรับประทานได้ทั้งตัว มีปริมาณแคลเซียมสูง มาผสมให้เป็นแหล่งของเนื้อปลา และเพื่อเป็นการนำปลากะตักมาใช้ในรูปแบบที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการลดปัญหาการส่งออกสินค้าปลากะตักของประเทศไทยไปสหภาพยุโรป เนื่องจากมีปริมาณแคลเซียมสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ ให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาที่ทุกเพศทุกวัยสามารถรับประทานได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการใช้ปลาเล็กปลาน้อยในการผลิตข้าวเกรียบปลา

สมมติฐาน

ชนิดและปริมาณของปลาเล็กปลาน้อยมีผลต่อคุณภาพและการยอมรับของข้าวเกรียบปลา

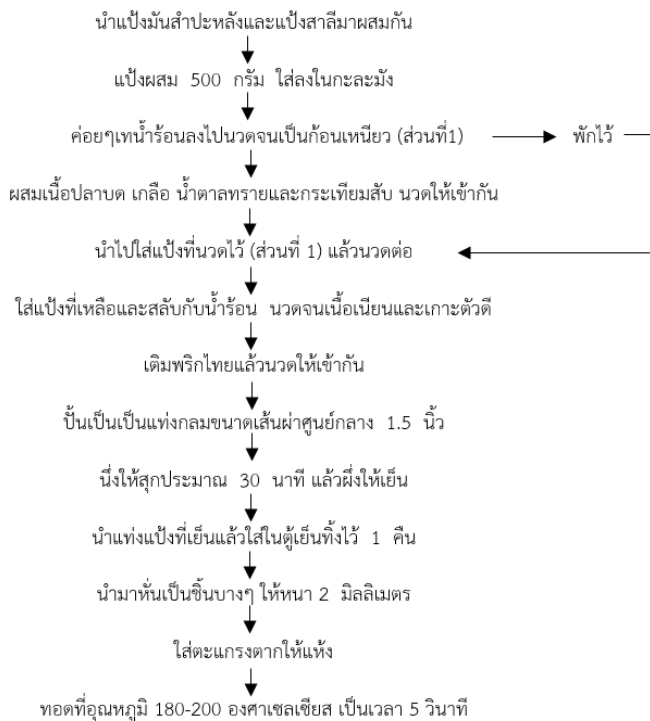
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาได้เริ่มจากการศึกษากรรมวิธีการผลิตข้าวเกรียบปลาที่มีการเผยแพร่โดยทั่วไปเพื่อคัดเลือกมาใช้ในการผลิตข้าวเกรียบปลาจากปลาเล็กปลาน้อยแล้วนำมาศึกษา

1. ศึกษาชนิดของปลาเล็กปลาน้อยที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเกรียบปลาปลากระทัก โดยคัดเลือกปลาเล็กปลาน้อยที่มีขายในท้องตลาดได้แก่ ปลาข้าวสาร ปลาสายไหม และ ปลากระทัก มาทดแทนเนื้อปลาที่มีอยู่ในส่วนผสมดังแสดงในตารางที่ 1 และมีวิธีการผลิตดังแสดงในภาพที่ 1 โดยปลาเล็กปลาน้อยสามารถได้โดยการนำมาล้างทำความสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ และนำมาป่นให้ละเอียด เตรียมไว้เพื่อใช้ผสมในข้าวเกรียบปลา แล้วทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 5 - Point Hedonic Scale จากผู้ทดสอบชิม จำนวน 90 คน

ตารางที่ 1 ปริมาณส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตข้าวเกรียบปลา

ส่วนผสม (ร้อยละ)	ปลาโอ (Control)	ปลาเล็กปลาน้อย (ร้อยละ)		
		50	100	150
แป้งมันสำปะหลัง	47.40	47.40	47.40	47.40
แป้งสาลี	6.17	6.17	6.17	6.17
กระเทียมสับ	3.56	3.56	3.56	3.56
พริกไทย	1.19	1.19	1.19	1.19
น้ำตาล	2.61	2.61	2.61	2.61
เกลือ	1.19	1.19	1.19	1.19
น้ำร้อน	23.70	23.70	23.70	23.70
เนื้อปลา	14.22	7.11	14.22	21.33



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการผลิตข้าวเกรียบปลา

2. ศึกษาปริมาณปลาเล็กปลาน้อยที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเกรียบปลาปลากระตัก โดยแปรผันปริมาณปลาเป็น ร้อยละ 50,100 และ 150 ของน้ำหนักปลาทั้งหมด และทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ 5 - Point Hedonic Scale จากผู้ทดสอบชิมจำนวน 90 คน มีขั้นตอนและวิธีการผลิต

3. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

3.1 ปริมาณน้ำอิสระ

3.2 ค่าสี $L^* a^* b^*$

4. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

4.1 ปริมาณความชื้น (AOAC. 2016)

4.2 ปริมาณเถ้า (AOAC. 2016)

4.3 ปริมาณไขมัน (AOAC. 2016)

4.4 ปริมาณโปรตีน (AOAC. 2016)

4.5 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีการ Methods of Analysis for Nutrition Labeling (1993)

4.6 ปริมาณแคลเซียม (AOAC. 2016)

5. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้การทดสอบแบบ 5 - Point Hedonic Scale จากผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 90 คน

6. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

6.1 การทดสอบเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง (Texture analyzer) ปริมาณน้ำอิสระ (aw) วัดค่าสี (L^* a^* b^*) และการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ใช้การวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Random Design) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

6.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสใช้การวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. ศึกษาชนิดและปริมาณของปลาเล็กปลาน้อยในการผลิตข้าวเกรียบปลา

1.1 การศึกษาชนิดของปลาเล็กปลาน้อยที่ใช้ได้แก่ ปลากระตัก ปลาข้าวสาร และปลาสาหร่าย ในการผลิตข้าวเกรียบปลาปลากระตัก โดยทดแทนปริมาณเนื้อปลาทั้งหมดในส่วนผสมของข้าวเกรียบปลาด้วยปลาเล็กปลาน้อยที่มีขายในท้องตลาดทั่วไป และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลากระทัก,ปลาข้าวสาร และ ปลาสายไหม

ปลาเล็กป ลาน้อย	คุณภาพทางประสาทสัมผัส					ความชอบโด ยรวม
	ร้อย ละ	สี	กลิ่นปลา ^{ns}	รสชาติ	ความกรอบ	
กระทัก	50	3.41±1.13 ^{bc}	3.40±0.86	3.46±1.08 ^{bc}	3.63±1.26 ^{bc}	3.79±1.01 ^b
	100	3.93±0.90 ^a	3.57±1.14	3.82±0.96 ^a	4.03±0.91 ^a	4.17±0.75 ^a
ข้าวสาร	50	3.31±1.13 ^{bc}	3.41±1.06	3.21±1.18 ^{cd}	3.32±1.16 ^c	3.44±1.13 ^c
	100	3.18±1.02 ^c	3.61±0.92	3.28±0.97 ^{cd}	2.80d±1.08 ^d	3.33±0.91 ^{cd}
สายไหม	50	3.60±1.10 ^b	3.51±1.01	3.70±1.17 ^a	3.71±1.20 ^b	3.94±1.11 ^{ab}
	100	2.90±1.00 ^d	3.62±1.08	3.08±1.09 ^d	2.61d±1.25 ^d	3.07±1.11 ^d

หมายเหตุ : ตัวอักษร ^{a,b,c} ที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 2 พบว่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบจากปลากระทัก,ปลาข้าวสารและปลาสายไหม ในปริมาณร้อยละ 50 และ 100 โดยน้ำหนัก มีคะแนนการยอมรับแตกต่างกัน โดยข้าวเกรียบปลาจากปลาเล็กปลาน้อยได้แก่ปลาข้าวสารและปลาสายไหม ในปริมาณร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก จะมีคะแนนการยอมรับมากกว่าในปริมาณร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนข้าวเกรียบจากปลากระทักในปริมาณร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก จะมีคะแนนการยอมรับมากกว่าในปริมาณร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก และมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากกว่าข้าวเกรียบปลาจากปลาข้าวสารและปลาสายไหมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในทุก ๆ ด้าน ยกเว้นกลิ่นปลาที่ข้าวเกรียบปลาจากปลาทั้งสามชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ข้าวเกรียบปลาจากปลากระทักในปริมาณร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก เป็นข้าวเกรียบที่มีคุณลักษณะที่มีการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด มีสีเหลืองเข้มขึ้น พอง และ กรอบ จึงได้คัดเลือกปลากระทักไปศึกษาปริมาณที่เหมาะสมเพื่อใช้ผลิตข้าวเกรียบปลาในขั้นตอนต่อไป

1.2 ศึกษาปริมาณปลาเล็กปลาน้อยที่ใช้ในการผลิตข้าวเกรียบปลา ที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 1.1 ปริมาณปลาเล็กปลาน้อยที่ใช้ในการผลิตข้าวเกรียบปลา แปรผันปริมาณปลาเป็น ร้อยละ 50, 100 และ 150 โดย น้ำหนัก และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลากะตัก ในปริมาณร้อยละ 50, 100 และ 150 โดยน้ำหนัก

ปลากะตัก (ร้อยละ)	คุณภาพทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความกรอบ	ความชอบโดยรวม
50	3.92±0.80 ^a	3.42±1.06 ^b	3.58±0.87 ^b	3.69±0.94 ^b	3.74±0.87 ^b
100	4.12±0.92 ^a	3.91±0.96 ^a	4.14±0.77 ^a	4.31±0.76 ^a	4.27±0.79 ^a
150	3.18±1.14 ^b	2.99±0.86 ^c	2.91±0.88 ^c	2.98±1.08 ^c	2.86±0.84 ^c

หมายเหตุ : ตัวอักษร ^{a,b,c} ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) จากตารางที่ 3 พบว่า คุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลากะตัก โดยแปรผันปริมาณปลากะตักเป็นร้อยละ 50 ,100 และ 150 โดยน้ำหนัก โดยข้าวเกรียบปลาจากปลากะตักที่ร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก มีคะแนนการยอมรับมากที่สุดในด้าน สี กลิ่น(ปลา) รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ข้าวเกรียบปลาจากปลากะตักที่ผ่านการทอดแล้วจะมีสีเหลืองอ่อน พองและ กรอบ มีกลิ่นปลา และมีรสชาติเค็มเล็กน้อย เนื่องจากปลากะตักใช้เป็นวัตถุดิบหลักมีสีน้ำตาลอ่อนและมีกลิ่นเฉพาะตัวเมื่อใส่ในปริมาณต่างๆ ทำให้มีกลิ่นเฉพาะตัวของปลากะตักชัดเจนขึ้นอีกทั้งปลากะตักมีรสเค็ม จึงส่งผลต่อข้าวเกรียบปลาปลากะตักให้มีรสเค็มเล็กน้อยอีกทั้งเนื้อสัมผัสที่ พองและกรอบ

2. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

2.1 ปริมาณน้ำอิสระ (aw)

ตารางที่ 4 ค่า Water Activity ของข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุมและข้าวเกรียบปลากระทัก

ข้าวเกรียบปลา	Water Activity (aw)	
	ข้าวเกรียบปลาดิบ	ข้าวเกรียบปลาพร้อมบริโภค
ควบคุม	0.39±0.000	0.26±0.000
ปลากระทัก	0.58±0.001	0.23±0.005

จากตารางที่ 4 พบว่าปริมาณน้ำอิสระ(aw)ของ ข้าวเกรียบปลาดิบของสูตรควบคุมและจากปลากระทัก มีค่า aw เท่ากับ 0.39 และ 0.58 ส่วนข้าวเกรียบปลาพร้อมบริโภคของสูตรควบคุมและจากปลากระทัก มีค่า aw เท่ากับ 0.26 และ 0.23 ตามลำดับ

3.2.2 ค่า L*,a*,b* และค่า Hardness

ตารางที่ 5 ค่า L*,a*,b* และค่า Hardness ของข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุมและข้าวเกรียบปลากระทัก

ข้าวเกรียบปลา	คุณลักษณะทางกายภาพ			
	L*	a*	b*	ค่า Hardness(กรัม)
สูตรควบคุม	27.01±4.93	1.49±0.15	9.82±0.90	562.35±21.12
ปลากระทัก	31.26±0.43	1.11±0.16	11.46±0.65	840.95±95.56

จากตารางที่ 5 พบว่า ข้าวเกรียบปลาจากปลากระทักมีค่าความสว่าง L* เท่ากับ 31.26 และค่า b* ความเป็นสีเหลืองเท่ากับ 11.46 มากกว่าข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุม ส่วนค่า a* ความเป็นสีแดงมีค่าเท่ากับ 1.11 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p < 0.05$) เนื่องจากข้าวเกรียบปลาสูตรมาตรฐานมีเนื้อปลาโอเป็นส่วนประกอบ ในเนื้อปลาโอมีโปรตีนตามธรรมชาติคือไมโอโกลบิน(Myoglobin) ซึ่งเป็นรงควัตถุสีแดง ในเนื้อปลาดิบจึงมีสีแดงเข้ม เมื่อนำมาทำข้าวเกรียบ จึงทำให้ข้าวเกรียบปลานั้นมีค่าความเป็นสีแดง a* มากขึ้น ส่วนข้าวเกรียบปลากระทักมีเนื้อปลากระทักแห้งเป็นส่วนประกอบ จึงทำให้ข้าวเกรียบปลากระทักมีสีเหลืองอ่อน

ส่วนค่าความแข็ง (Hardness) ของข้าวเกรียบปลาสูตรมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 562.35 กรัม ซึ่งน้อยกว่าข้าวเกรียบปลากระทัก ที่มีค่าเท่ากับ 840.95 กรัม ค่าความแข็ง (Hardness) คือค่าที่แสดงถึงความกรอบของข้าวเกรียบถ้าค่า Hardness มากแสดงว่าข้าวเกรียบจะมีเนื้อสัมผัสที่แข็งแต่ถ้าข้าวเกรียบมีค่า Hardness น้อยแสดงว่าข้าวเกรียบจะมีความกรอบ ดังนั้นข้าวเกรียบปลากระทักมีค่าค่าความแข็ง (Hardness) มากกว่าข้าวเกรียบปลาสูตรมาตรฐาน จึงทำให้ข้าวเกรียบปลากระทักมีลักษณะแข็งมากกว่าสูตรควบคุม

3. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเกรียบปลาพร้อมบริโภครวมและข้าวเกรียบปลากระทักในปริมาณ 100 กรัม

องค์ประกอบทางเคมี	ข้าวเกรียบปลาพร้อมบริโภค	
	ควบคุม	ปลากระทัก
ความชื้น (ร้อยละ)	2.74	2.85
เถ้า (ร้อยละ)	1.84	2.62
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	59.39	59.71
โปรตีน (ร้อยละ)	5.06	5.23
ไขมัน (ร้อยละ)	30.97	29.59
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	45.12	227.78
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	536.53	526.07

จากตารางที่ 6 พบว่า ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุมและข้าวเกรียบปลาจากปลากระทักในปริมาณ 100 กรัม มีปริมาณ ความชื้นร้อยละ 2.74, 2.85 เถ้าร้อยละ 1.84, 2.62 โปรตีนร้อยละ 5.06, 5.23 ไขมันร้อยละ 30.97, 29.59 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 59.39, 59.71 ตามลำดับ นอกจากนี้ มีปริมาณแคลเซียม เท่ากับ 45.12, 227.78 มิลลิกรัม มีปริมาณแคลเซียมที่เพิ่มขึ้นจากข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุม เนื่องจากปลากระทักมีปริมาณแคลเซียมที่มากกว่าปลาโอ และมีพลังงาน เท่ากับ 536.53, 526.02 กิโลแคลอรี ซึ่ง

พลังงานทั้งหมดของข้าวเกรียบปลาจากปลากระตักมีค่าต่ำกว่าข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุม เนื่องจากเนื้อปลาโอให้พลังงานสูงกว่าปลากระตักมีส่วนประกอบของโปรตีนและไขมันสูงกว่าปลากระตัก ข้าวเกรียบปลาจากปลากระตัก มีคุณลักษณะของข้าวเกรียบ พอง กรอบ มี กลิ่นและรสชาติเฉพาะของปลาและมีคุณค่าโภชนาการในปริมาณ 100 กรัม คือมีปริมาณ โปรตีน 5.23 กรัม, ไขมัน 29.59 กรัม, คาร์โบไฮเดรต 59.71 กรัม, แคลเซียม 227.78 กรัม และพลังงานเท่ากับ 526.02 กิโลแคลอรี

อภิปรายผล

จากผลการทดลองการผลิตข้าวเกรียบปลาจากปลากระตัก ในปริมาณร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก พบว่าข้าวเกรียบปลาที่ได้จะคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่มีการยอมรับมากที่สุด ข้าวเกรียบปลาจากปลากระตักที่ผ่านการทอดแล้วจะมีสีเหลืองอ่อน กรอบ พู มีกลิ่นปลา และมีรสชาติเค็มเล็กน้อย เนื่องจากปลากระตักที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักมีสีน้ำตาลอ่อน และยังมีส่วนประกอบอื่น ๆ ของข้าวเกรียบปลาได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง, เนื้อปลากระตัก และน้ำตาล ที่สามารถเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเมื่อได้รับความร้อนจากการทอดและการออกซิเดชันของไขมันทำให้น้ำมันมีสีคล้ำลง เมื่อข้าวเกรียบดูดซับน้ำมันเข้าไปจะทำให้สีของข้าวเกรียบมีสีเหลืองเข้มมากยิ่งขึ้น และมีกลิ่นเฉพาะตัวเมื่อใส่ในปริมาณต่างๆ ทำให้มีกลิ่นเฉพาะตัวของปลากระตักชัดเจนขึ้นอีกทั้งตัวปลากระตักเองก็มีรสเค็มเพราะเป็นปลาที่ผ่านกระบวนการต้มด้วยน้ำเกลือแล้วทำให้แห้ง เมื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตข้าวเกรียบปลาจึงส่งผลให้ข้าวเกรียบปลาจากปลากระตักมีรสเค็มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย อีกทั้งเนื้อสัมผัสที่พอง กรอบ เมื่อนำมาเทียบกับข้าวเกรียบปลาจากปลาข้าวสารและปลาสาหร่ายไหม จะพบว่าข้าวเกรียบจากปลากระตักจะมีความพองและกรอบมากกว่าปลาข้าวสารและปลาสาหร่ายไหมเนื่องจากปลาข้าวสาร และ ปลาสาหร่ายไหม (Tiny Anchovy) เป็นลูกปลากระตักที่ชาวประมงนิยมจับสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ปลา โดยเฉพาะปลาข้าวสารกรอบ ปลาข้าวสารทอด เพราะปลาข้าวสารมีขนาดเล็ก ไม่มีก้างหรือกระดูกแข็ง ทำให้รับประทานได้ทั้งตัว ใช้ปรุงอาหาร อาทิ ยำปลาข้าวสาร หรือ ใส่ส้มตำ เป็นต้น ปลาข้าวสารถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำคัญสำหรับทำน้ำปลา น้ำบูดู และปลาป่นสำหรับอาหารสัตว์ ปลาข้าวสาร เป็นปลาทะเลขนาดเล็กที่นิยมบริโภคทั้งในประเทศ และต่างประเทศ เนื่องจาก ปลาข้าวสารสามารถทานได้ทั้งตัว มีกระดูกอ่อน และมีโปรตีนสูง (ปศุสัตว์.com. ม.ป.ป., ออนไลน์) จากการศึกษาของ นัจญ์มีย์ สะอะ, รอมลี เจะดอเลาะ และอัชมาน อาแด (2558) รายงานว่า โปรตีนเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อคะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

จากการศึกษาปริมาณโปรตีนและเส้นใยในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาพบว่าปริมาณโปรตีนและปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นตามอัตราการทดแทนกากถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นทำให้โปรตีนจับตัวกับโมเลกุลของแป้ง ส่งผลต่อโครงสร้างของแป้งในข้าวเกรียบไม่สามารถขยายตัวได้และมีอัตราการพองตัวลดลง (Siaw et al., 1985) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของปราณีตาและคณะ (2541) ที่รายงานว่าการใช้แป้งข้าวสาลีในปริมาณเพิ่มขึ้น

มีผลให้อัตราการฟองตัวของข้าวเกรียบลดลง เนื่องจากแป้งข้าวสาลีมีปริมาณของโปรตีนเป็นองค์ประกอบเพิ่มสูงขึ้นทำให้โปรตีนจับกับโมเลกุลของแป้งทำให้แป้งไม่สามารถขยายตัวได้ เมื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตข้าวเกรียบปลาจึงให้ลักษณะเนื้อแน่น แข็ง กว่าปลากระทัก จึงทำให้ข้าวเกรียบปลาจากปลากระทักในปริมาณร้อยละ 100 มีคะแนนด้านสี, กลิ่น, รสชาติ, ความกรอบ และความชอบโดยรวมมากที่สุดเหมาะแก่การนำไปผลิตข้าวเกรียบปลาปลากระทัก

ปริมาณน้ำอิสระที่มีอยู่ในข้าวเกรียบปลากระทักมีผลต่อการฟองตัวของข้าวเกรียบปลากระทักในการผลิตข้าวเกรียบจึงจำเป็นต้องควบคุมความชื้นของข้าวเกรียบให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมและสม่ำเสมอ การฟองตัวของข้าวเกรียบปลากระทักมีสาเหตุจากการใช้แป้งมันสำปะหลัง ซึ่งนิยมใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตข้าวเกรียบเพราะมีอะไมโลสประมาณ 17% เม็ดแป้งสามารถดูดน้ำได้อย่างรวดเร็วและแตกตัวได้ง่าย ทำให้แป้งเปียกใสและหนืด เมื่อแป้งเย็นตัวลงจะเกิดเจลเล็กน้อย เมื่อนำไปทอดจึงทำให้ข้าวเกรียบปลากระทักในปริมาณร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก มีลักษณะของข้าวเกรียบที่ฟองและกรอบ ซึ่งสอดคล้องกับการใช้แป้งมันสำปะหลังปริมาณมากในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบมีการฟองตัวที่มีและส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์กรอบและเปราะง่าย

ความชื้นของข้าวเกรียบต้องอยู่ในปริมาณที่เหมาะสมและกระจายตัวสม่ำเสมอ ทำให้ไม่มีฟองอากาศที่จะทำให้เกิดการร่อนน้ำมันซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของโมฮัมเหม็ด(Mohamed et al.,1988) ที่รายงานว่า การดูดซับน้ำมันของข้าวเกรียบปลาทอดจะสูงขึ้นในตัวอย่างที่มีการขยายตัวเชิงเส้นที่สูงขึ้นในตัวอย่างที่มีการขยายตัวเชิงเส้น และนั่นเป็นเพราะมีน้ำมันติดอยู่ที่ซบผิวของเซลล์อากาศที่ใหญ่กว่าเมื่อการขยายตัวเพิ่มขึ้นแนวโน้มที่คล้ายกัน การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ(a_w)ของข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุมและข้าวเกรียบปลาจากปลากระทักแบบดิบที่ไม่ผ่านการทอดจะมี a_w เท่ากับ 0.39 และ 0.58 ส่วนข้าวเกรียบปลาพร้อมบริโภค มีค่า a_w เท่ากับ 0.26 และ 0.23 ตามลำดับ ซึ่งค่า a_w นี้อยู่ในช่วงที่เชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ โดยจุลินทรีย์ในอาหารส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตที่ a_w สูงกว่า 0.7 แต่แบคทีเรียที่ทนความเข้มข้นของเกลือสูง (*Halophilic bacteria*) และแบคทีเรียบางชนิดยังคงเจริญเติบโตได้จนถึง a_w 0.97 ยีสต์ส่วนใหญ่จะไม่เจริญเติบโตที่ a_w ต่ำกว่า 0.87 แต่ยีสต์ที่ทนความเข้มข้นของน้ำตาลสูง (Osmophilic yeast) ยังคงอยู่ได้จนถึง a_w 0.6 อย่างไรก็ตาม ยีสต์เหล่านี้ไม่ใช่สาเหตุสำคัญทำให้อาหารเสีย เราส่วนใหญ่ซึ่งทนความแห้งแล้งได้ดีกว่าแบคทีเรียและยีสต์จะเจริญเติบโตได้ดีที่ a_w ประมาณ 0.87-0.80 และยังเจริญเติบโตได้อย่างช้าๆเป็นเวลาหลายเดือนที่อุณหภูมิห้อง ในอาหารที่มี a_w ต่ำถึง 0.70 ส่วนราที่ทนความแห้งสูง (Xerophilic molds) เจริญเติบโตได้ดีในช่วง a_w 0.70-0.75 และยังคงอยู่ได้จนถึง a_w 0.65 ที่ a_w ต่ำกว่า 0.65 ว่าจะหยุดเจริญเติบโตโดยสิ้นเชิง โดยปลากระทักแห้งที่ใช้เป็นวัตถุดิบ (*Stolepholus spp.*) มีปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระอยู่ในช่วง 2.78-5.36% และ 0.244-0.494 โดยน้ำอิสระในอาหารนี้ มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและการเก็บรักษาอาหารอย่างมากเนื่องจากน้ำเป็นตัวการสำคัญในการก่อให้เกิดการ

เปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวเคมีของอาหารรวมทั้งความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ซึ่งก่อให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร ในอาหารที่มีค่าปริมาณน้ำอิสระต่างกันจุลินทรีย์จะเจริญได้ต่างกัน โดยแบคทีเรียเจริญได้ดีในอาหารที่มีค่าปริมาณน้ำอิสระสูง ส่วนยีสต์และราทนต่อสภาพที่ค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำได้ดีกว่า (ศิริเนตร ขุนทอง และอรวรรณ หลายประดิษฐ์, 2560, ออนไลน์) ส่วนปฏิกิริยาลิปิดออกซิเดชันในอาหารจะเกิดได้ดี เนื่องจากความเข้มข้นของลิปิดเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำถูกกำจัดออก การเติมน้ำจะช่วยป้องกันปฏิกิริยาดังกล่าวได้พอควร ที่ความชื้นสูงหรือที่ a_w สูงขึ้น ($a_w = 0.55-0.85$) อัตราการเกิดออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้น เหตุผลเนื่องจากการแพร่ของโลหะที่ยังฤทธิ์ในการเร่งปฏิกิริยาอยู่ อีกทั้งมีการบวมของเนื้อเยื่อส่วนที่พรมของอาหารแห้ง ทำให้เกิดการดูดซับออกซิเจนอย่างรวดเร็ว (รัชณี ตันตะพานิชกุลม, 2537, หน้า 62)

ดังนั้นข้าวเกรียบปลาสุกควบคุมและข้าวเกรียบปลาปลากระทักทั้งแบบดิบและแบบพร้อมบริโภคมีค่า a_w ต่ำกว่าช่วงที่จุลินทรีย์ทั้งหมดจะเจริญได้และการเกิดปฏิกิริยาลิปิดออกซิเดชัน โดยข้าวเกรียบปลาปลากระทักแบบดิบยังสามารถเกิดปฏิกิริยาลิปิดออกซิเดชันได้เนื่องจากมีค่า a_w เท่ากับ 0.58

ข้าวเกรียบปลาจากปลากระทักมี L^* ค่าความสว่าง เท่ากับ 31.26 และ b^* ค่าความเป็นสีเหลืองเท่ากับ 11.46 ซึ่งมากกว่าข้าวเกรียบปลาสุกควบคุม ส่วน a^* ค่าความเป็นสีแดงมีค่าเท่ากับ 1.11 มีค่าน้อยกว่าข้าวเกรียบปลาสุกควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เนื่องจากข้าวเกรียบปลาสุกมาตรฐานได้ใช้เนื้อปลาโอหรือปลาทูนานั้นเป็นปลาที่ว่ายน้ำเก่งมาก เร็วและอึด ทำให้มันต้องใช้ออกซิเจนสูงมากให้กับกล้ามเนื้อ มันจึงมีไมโอโกลบินสะสมในกล้ามเนื้ออยู่เป็นปริมาณมาก และมีสารโปรตีนตามธรรมชาติคือ Myoglobin สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อมาก นอกจากนี้ยังมี Heme ซึ่งเป็นสารที่จับกับออกซิเจนและเป็นรงควัตถุที่มีสีแดง จึงทำให้กล้ามเนื้อของสัตว์บกหลายชนิดที่ต้องเดินและวิ่งมากๆ ดังเช่น พวกเนื้อวัว เนื้อหมู รวมถึงปลาทะเลลึก อย่างปลาทูนาน่า ปลาตาบ ปลาฉลาม ที่ต้องว่ายน้ำมากๆ มีกล้ามเนื้อที่ค่อนข้างแข็งและเป็นสีแดงไปด้วย (เจษฎา เต็นดวงบริพันธ์, 2559, ออนไลน์) ซึ่งสอดคล้องกับ นิธิยา รัตนานนท์ และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2010, ออนไลน์) ไมโอโกลบิน (myoglobin) เป็นโปรตีน ที่มีโครงสร้างของโปรตีนเป็นแบบทรงกลม (globular protein) ไมโอโกลบิน พบในธรรมชาติ เป็นรงควัตถุ (pigment) ในกล้ามเนื้อสัตว์ ที่ทำให้เนื้อสัตว์มีสีแดง หรือสีชมพู ปริมาณเม็ดสีจะขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ เช่น เนื้อหมูมีปริมาณไมโอโกลบิน น้อยกว่าเนื้อวัว และอายุของสัตว์ โดยที่สัตว์ที่มีอายุมากจะมีไมโอโกลบินมากกว่าสัตว์ที่มีอายุน้อยกระบวนการทอดด้วยอุณหภูมิสูงมีส่วนช่วยทำให้เสียสภาพและออกซิเดชันของโปรตีนจากปลาซึ่งทำให้สีส้มเข้มขึ้น การก่อดัวของสารประกอบสีที่เกี่ยวข้องกับ

การมีส่วนร่วมของ H_2O ที่ปล่อยออกมาจากกรดอะมิโนและในปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) (Sikorski and Pan, 1994) งาดี และคณะ (2007) ระบุการลดลงของ L^* ค่าในตัวอย่างอาหารทอดอาจมาจากการเกิดสีน้ำตาลโดยปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) และคาราเมล (Caramelization) จากการทอดที่อุณหภูมิ

สูง อัตราการเกิดปฏิกิริยา Maillard ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางสารเคมีของอาหาร ค่า aw ค่า pH และอุณหภูมิของการเกิดปฏิกิริยา เนื่องจากความแตกต่างระหว่างตัวอย่างที่มีปริมาณโปรตีนเท่ากันที่แตกต่างกัน ปริมาณโปรตีนเป็นตัวกำหนดระดับของการสูญเสีย ของค่า L^* การสูญเสียค่า L^* จะสูงกว่าในตัวอย่างที่มีสัดส่วนปลาเพิ่มขึ้น (11.6% ที่อัตราส่วนแบ่งปลา 2.5:1 เทียบกับ 6.8% ที่อัตราส่วนแบ่งปลา 1:1). อย่างไรก็ตาม มีการสูญเสีย L^* บ้าง คุณค่าระหว่างกระบวนการทอด ค่า L^* ของผลผลิตจากการศึกษาครั้งนี้มีการเปรียบเทียบสูงกว่ากลุ่มค่า L^* ของแครกเกอร์ปลาเชิงพาณิชย์ ฮูดา และคณะ (Huda et al.,2007) กำหนดลักษณะสีของแครกเกอร์ปลาเชิงพาณิชย์และพบช่วงของ L^* , ค่า a^* และ b^* คือ 18.69 – 47.99, 1.03 – 5.89 และ 7.77 – 20.62 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ไฟแช็กซึ่งส่งผลให้การศึกษาครั้งนี้อาจเกี่ยวข้องกับความแตกต่างพันธุ์ปลา แบ่งชนิดต่างๆ การชะล้าง การรักษา จึงทำให้ข้าวเกรียบปลานั้นมี a^* ค่าความเป็นสีแดง มากขึ้น ส่วนข้าวเกรียบปลาจากปลากระตักที่ใช้เป็นปลากระตักแห้งนั้นมีความชื้นน้อย (Dry food) แต่ก็สามารถเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่เอนไซม์ (Nonenzymatic browning) ได้ เนื่องจาก aw ของข้าวเกรียบปลาจากปลากระตักแบบดิบมีค่าเท่ากับ 0.58 ซึ่งปฏิกิริยาจะเกิดได้สูงสุดในช่วง aw ประมาณ 0.6-0.8 โดยความชื้นหรือปริมาณน้ำที่เพิ่มมากขึ้นทำให้เอนไซม์และสับสเตรตเคลื่อนย้ายได้ง่าย (นิธิยา รัตนานนท์, 2551, หน้า23) จึงทำให้ข้าวเกรียบปลาจากปลากระตักมีสีเหลืองอ่อน

ส่วนค่าความแข็ง (Hardness) ของข้าวเกรียบสูตรควบคุม มีค่าเท่ากับ 562.35 กรัม ซึ่งน้อยกว่าข้าวเกรียบปลาจากปลากระตัก ที่มีค่าเท่ากับ 840.95 กรัม ค่าความแข็ง (Hardness) คือค่าที่แสดงถึงความกรอบของข้าวเกรียบถ้าค่า Hardness มากแสดงว่าข้าวเกรียบจะมีเนื้อสัมผัสที่แข็งแต่ถ้าข้าวเกรียบมีค่า Hardness น้อยแสดงว่าข้าวเกรียบจะมีความกรอบ ข้าวเกรียบปลาจากปลากระตักนั้นมีส่วนผสมเป็นแป้งมันสำปะหลังที่เป็นองค์ประกอบหลักทำให้ได้ลักษณะของข้าวเกรียบปลาที่พอง และกรอบ แป้งมันสำปะหลังที่สำคัญที่มีผลต่อการพองตัวของข้าวเกรียบ คือ อะไมโลสและอะไมโลเพคติน การพองตัวของผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับสัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในเม็ดแป้งหากมีปริมาณอะไมโลเพคตินสูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีการพองตัวดี แป้งที่มีอะไมโลสสูงการเกิดเจลมีความเหนียวมากส่งผลให้การพองตัวของข้าวเกรียบไม่ดีและจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสแข็งและมีข้อจำกัดในการพองตัว ส่วนแป้งที่มีอะไมโลเพคตินสูงเม็ดแป้งแตกตัวได้ง่ายเมื่อทำข้าวเกรียบจะพองตัวได้มากและยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์พองตัวมีลักษณะโปร่งเบา รวมทั้งปริมาณน้ำที่อยู่ในข้าวเกรียบปลาจะมีปริมาณน้ำมากเกินไปจะทำให้ข้าวเกรียบมีลักษณะเหนียวด้าน ไม่พองและไม่กรอบ ดังนั้นส่วนประกอบที่อยู่ในข้าวเกรียบจึงมีความสำคัญต่อคุณภาพของข้าวเกรียบปลา

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุมและข้าวเกรียบปลาจากปลากระตักในปริมาณ 100 กรัม มีปริมาณความชื้นร้อยละ 2.74, 2.85 เถ้าร้อยละ 1.84, 2.62 โปรตีนร้อยละ 5.06, 5.23 ไขมันร้อยละ 30.97, 29.59 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 59.39, 59.71 ตามลำดับ ความชื้นของข้าวเกรียบปลาพร้อม

บริโภคอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของข้าวเกรียบคือต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2550, ออนไลน์,) ทำให้ข้าวเกรียบสามารถเก็บรักษาได้นานขึ้นและยังคงลักษณะของข้าวเกรียบได้ ข้าวเกรียบปลาจากปลากระตักมีปริมาณโปรตีนมากกว่า และมีปริมาณไขมันน้อยกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากสูตรควบคุมใช้เนื้อปลาโอสดมีสีแดงเข้ม ส่วนปลากระตักเป็นปลาที่มีเนื้อเป็นสีขาวและผ่านการอบแห้งมาแล้วเมื่อนำมาชั่งน้ำหนักเท่ากันจึงทำให้ปลากระตักแห้งมีปริมาณที่มากกว่า จึงทำให้ข้าวเกรียบปลามีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น จากการเติมเข้าไปในส่วนผสม ซึ่งสอดคล้องกับ Nurul et al., รายงานว่า การเพิ่มสัดส่วนของปลาไม่เพียงเพิ่มปริมาณโปรตีน แต่ยังเพิ่มปริมาณไขมันแต่มีระดับการเพิ่มขึ้นต่างกัน และแบ่งไม่ได้เป็นแหล่งของไขมัน ปริมาณไขมันของแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคูมีเพียง 0.1% อย่างไรก็ตามระดับปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้นนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของปลา ปลาที่มีไขมันสูง (มีไขมัน >8% และปลาไม่ติดมันน้อยกว่า (มีไขมัน <4%) เมื่อปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น ปริมาณคาร์โบไฮเดรตจะลดลงโดยการเพิ่มสัดส่วนของปลา อย่างไรก็ตามปริมาณคาร์โบไฮเดรตยังคงตำแหน่งเป็นส่วนประกอบหลักของข้าวเกรียบปลา Huda et al. (2007) รายงานว่าข้าวเกรียบปลาในทางการค้ามีคาร์โบไฮเดรตอยู่ในช่วง 65-80% ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่สูงและต่ำเป็นสาเหตุหนึ่งในการทดแทนแป้งมันสำปะหลังที่สำคัญกับปลาเพื่อให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น ซึ่งจากการศึกษาของ (นัจญ์มียะ สะอะ, รอมลี เจะตอละ และอัสมาน อาแด, 2558) ได้รายงานว่าการโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของกากถั่วเหลืองมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่คือสามารถดูดซับน้ำมัน และเส้นใยที่อยู่ในกากถั่วเหลืองช่วยในการดักจับไขมันในอาหารจึงทำให้ปริมาณไขมันลดลงเมื่อมีการทดแทนด้วยกากถั่วเหลืองในปริมาณที่สูงขึ้น ส่วนปริมาณไขมันในข้าวเกรียบปลาจากปลากระตักที่พบนั้นมีส่วนประกอบมาจากตัวปลาที่เป็นวัตถุดิบ ซึ่งสอดคล้องกับ Nurul ได้รายงานว่าอย่างไรก็ตามระดับปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้นนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของปลา ปลาที่มีไขมันสูง (มีไขมัน >8% และปลาไม่ติดมันน้อยกว่า (มีไขมัน <4%) ซึ่งปลากระตักจัดเป็นปลาขนาดเล็กที่มีปริมาณไขมันต่ำ และน้ำมันสำหรับทอด โดยส่วนใหญ่ปริมาณไขมันจะมาจากน้ำมันที่ใช้ทอดข้าวเกรียบ ในระหว่างที่ทอดข้าวเกรียบนั้น ข้าวเกรียบขยายตัวขึ้น เกิดรูพรุนและทำให้น้ำมันเข้าไปแทนที่ในช่องว่างและรูพรุนที่เกิดขึ้น (Guillaumin, 1988) จึงทำให้ข้าวเกรียบปลาจากปลากระตักมีความพอง กรอบ รับประทานได้ง่าย

นอกจากนี้ข้าวเกรียบปลาจากปลากระตักในปริมาณ 100 กรัม มีปริมาณแคลเซียม เท่ากับ 227.78 มิลลิกรัม ซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุม คือ 45.12 มิลลิกรัม เนื่องจากปลากระตักเป็นปลาเล็กปลาน้อยที่สามารถรับประทานได้ทั้งตัวมีส่วนของกระดูกและก้างปลาผสมอยู่ด้วยเมื่อนำมาใช้เป็นส่วนผสมแทนปลาโอในการผลิตข้าวเกรียบปลาจึงทำให้ข้าวเกรียบปลาที่ได้มีปริมาณแคลเซียมที่มากกว่าการใช้เนื้อปลาโอเป็นส่วนผสม และข้าวเกรียบปลาจากปลากระตักมีค่าพลังงานต่ำกว่าข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 526.02 และ 536.53 กิโลแคลอรี ตามลำดับ

ข้าวเกรียบปลาจากปลากระตัก ในปริมาณร้อยละ 100 โดยน้ำหนักสามารถนำมาแทนเนื้อปลาสดในการผลิตข้าวเกรียบปลา ให้ลักษณะของข้าวเกรียบที่ดีมีการพองฟู กรอบ มีกลิ่นและรสชาติเฉพาะของปลาไม่คาว มีคุณค่าทางโภชนาการที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณแคลเซียม และยังให้พลังงานที่ต่ำกว่าข้าวเกรียบปลาโดยทั่วไป และยังสามารถเพิ่มความหลากหลายในการบริโภคปลาเล็กปลาน้อย ให้เป็นทางเลือกสำหรับผู้ที่มีความต้องการแคลเซียมหรือผู้ที่แพ้อาหารได้ รวมทั้งยังเป็นการส่งเสริมให้เกิดผลิตภัณฑ์จากปลากระตักลดปัญหาการส่งออกปลากระตักไปต่างประเทศได้

ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของข้าวเกรียบปลากระตัก
2. ศึกษาวิธีการลดพลังงานของข้าวเกรียบ

เอกสารอ้างอิง

- เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์. ม.ป.ป. "ทูน่าปลอม" เนื้อแดงฉ่ำ หลั่งแซร์ว่อนเน็ต. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.sanook.com/news/2001139/> (วันที่ค้นข้อมูล : 21 ตุลาคม 2559)
- นิธิยา รัตนาปนนท์. (2545). **เคมีอาหาร**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- นิธิยา รัตนาปนนท์ และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2010). **Myoglobin/ไมโอโกลบิน**[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.foodnetworksolution.com>. (วันที่ค้นข้อมูล : 20 ตุลาคม 2559)
- นิตานาด ตันชัยย์. ม.ป.ป. **การจำแนกปลากระตักสกุล Encrasicholina และ Stolephorus**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.fisheries.go.th/quality/pdf>. (วันที่ค้นข้อมูล : 15 ตุลาคม 2559)
- นัจญ์มีย์ สะอะ, รอมลี เจดอเลาะ และอัสมาน อาแด. 2558. **การผลิตและสมบัติของข้าวเกรียบปลาเสริมกากถั่วเหลือง**. วารสารการพัฒนารวมชนและคุณภาพชีวิต. 3(3), 351-359.
- ปศุสัตว์. ม.ป.ป. **ปลาข้าวสาร/ปลาสายไหม และประโยชน์จากปลาข้าวสาร**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://pasusat.com/ปลาข้าวสาร/> (วันที่ค้นข้อมูล : 15 ตุลาคม 2559)
- ปราณีศา เชื้อโพธิ์หัก, นงนุช รักสกุลไทย และดวงเดือน กุลวิสัย. 2541. **การพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้ง**. วารสารอาหาร 28(2): 125-132.
- รัชณี ตันตะพานิชกุล. (2537). **เคมีอาหาร**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- วิภาดา มุรินทร์นพมาศ และภารดี พลไชย. (2554). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารพื้นบ้านชายแดนใต้ : หัวข้าวเกรียบ (ปลาอ-กรือเป๊ะ) (รายงานผลการวิจัย)**. ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

- วิทย์ ธารชลาณุกิจ. (2522, กุมภาพันธ์-มีนาคม). **ปลาเปิด-แปรรูปอาหารโปรตีนสำหรับปลาดุก.** วารสารเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 24(1), 1-31.
- ศิริเนตร ขุนทอง และอรรวรรณ หลายประดิษฐ์. **ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำอิสระกับความชื้นในผลิตภัณฑ์ปลาแห้ง. ศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำสมุทรศาสตร์**[https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps107_54.pdf](https://www.fisheries.go.th/rgm-samutsa/ฮอนเนสท์ ด็อคส์. กินป้องกันกระดูกพรุน. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก:https://www.honestdocs.co/condition-osteoporosis/eat-prevent (วันที่สืบค้น 6 ธันวาคม 2561).</p>
<p>สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2554). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนข้าวเกรียบ. [ออนไลน์] <a href=) (วันที่ค้นข้อมูล 26 ธันวาคม 2560)
- AOAC. 2016. Official Methods of Analysis of AOAC International. 20th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland.
- Guillaumin, R. 1988. **Frying of food: principles, changes, new approaches.** pp. 28-112. In Varela, G. Bender, A.E. and Morton, I.D., eds. Kinetics of fat penetration in food. VCH-Ellis Horwood, Chichester, England.
- Huda, N., Ismail, N., Leng, A. L. and Yee, C. X. 2007. **Chemical composition, colour and linear expansion properties of commercial fish cracker.** 12th Asian Chemical Congress, Kuala Lumpur 23-25 August 2007.
- Mohamed, S., Abdullah, N. & Muthu, M.K. (1988). **Physical properties of keropok (fried crisps) in relation to the amylopectin content of starch flour.** Journal for Agriculture and Food Chemistry, 49: 369 - 377.
- Nurul, H., Boni, I. and Noryati, I. 2009. The effect of different ratios of Dory fish to tapioca flour on the linear expansion, oil absorption, colour and hardness of fish crackers. **International Food Research Journal** 16: 159-165.
- Siaw, M.F. M. Shahabuddin, S. Ballard, J.G. Shaw and R.E. Rhoads. 1985. **Identification of a protein covalently linked to the 5' terminus of tobacco vein mottling virus RNA.** Virology 142(1):134-43.

ปัจจัยที่สัมพันธ์กับการตั้งครรภ์ก่อนวัยของสตรีวัยรุ่นชนเผ่าม้งในพื้นที่
ตำบลรวมไทยพัฒนา อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

Factors related to early pregnancy among Hmong adolescent women in the area Ruam
Thai Phatthana Subdistrict, Phob Phra District, Tak Province

เมธี สุทธิศิลป์¹ ณัฐธิดา วิทยา มุ่งมั่น² กังปอ เพชรคีรีราษฎร์³

Mathee Sootthasil Natthida withthayamungman and Kongpo Petchkhirat

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงพรรณนา (descriptive study) เพื่อศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับการตั้งครรภ์ก่อนวัยของสตรีวัยรุ่นชนเผ่าม้ง ในพื้นที่ตำบลรวมไทยพัฒนา อำเภอบพพระ จังหวัดตาก โดยกลุ่มตัวอย่างคือ สตรีวัยรุ่นที่ตั้งครรภ์ก่อนวัย ซึ่งอายุต่ำกว่า 20 ปี ที่มารับบริการฝากครรภ์ในปีงบประมาณ 2564 ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลรวมไทยพัฒนา ตำบลรวมไทยพัฒนา อำเภอบพพระ จังหวัดตาก จำนวน 55 คน เครื่องมือที่ใช้รวบรวมข้อมูลเป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สถิติที่ใช้ คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสัมประสิทธิ์สหพันธ์เพียร์สัน

ผลการศึกษาพบว่า ความรู้เรื่องเพศสัมพันธ์และการป้องกันการตั้งครรภ์ไม่สัมพันธ์กับการตั้งครรภ์ก่อนวัย ($r = -.014$) ($p\text{-value} = .918$) ค่านิยมทางเพศไม่สัมพันธ์กับการตั้งครรภ์ก่อนวัย ($r = .023$) ($p\text{-value} = .867$) สัมพันธภาพในครอบครัวไม่สัมพันธ์กับการตั้งครรภ์ก่อนวัย ($r = .165$) ($p\text{-value} = .228$) การได้รับแรงสนับสนุนทางสังคมจากบุคคลใกล้ชิดไม่สัมพันธ์กับการตั้งครรภ์ก่อนวัย ($r = .111$) ($p\text{-value} = .418$)

คำสำคัญ การตั้งครรภ์, วัยรุ่นชนเผ่าม้ง

¹ อาจารย์ประจำหลักสูตรสาธารณสุขชุมชน คณะสหเวชศาสตร์ วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น

² พยาบาลวิชาชีพ รพ.สต.

³ นักศึกษาวิทยาลัยนอร์ทเทิร์น

Abstract

This research is a descriptive study to examine factors associated with early pregnancy among Hmong adolescent women. In the area of Ruam Thai Phatthana Sub-district, Phob Phra District, Tak Province, the sample group was adolescent women who were pregnant before who are under 20 years old who received antenatal care in the fiscal year 2021 at Ruam Thai Phatthana Sub-district Health Promoting Hospital Ruam Thai Phatthana Sub-district, Phob Phra District, Tak Province, 55 people The instrument used to collect data was a questionnaire created by the researcher and analyzed by a computer program. The statistics used were percentage, mean, standard deviation, and Pearson's federation coefficient.

The results of the study found that Sexuality knowledge and pregnancy prevention were not associated with early pregnancy ($r = -.014$) ($p\text{-value} = .918$). Gender was not associated with early pregnancy ($r = .023$) ($p\text{-value} = .867$) Family relationship was not associated with early pregnancy ($r = .165$) ($p\text{-value} = .228$). Premature pregnancy ($r = .111$) ($p\text{-value} = .418$)

Keywords : Pregnancy, Hmong adolescents

บทนำ

การตั้งครรภ์ในสตรีวัยรุ่นตามคำนิยามขององค์การอนามัยโลก (WHO: World Health Organization, 2017) หมายถึง การที่สตรีตั้งครรภ์มีอายุ 10-19 ปี ซึ่งวัยรุ่นเป็นวัยแห่งการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญที่สุดในช่วงหนึ่งของชีวิต เพราะเป็นการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านร่างกาย จิตใจ และสังคม พร้อมเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ การเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมนที่ส่งผลกระทบต่อด้านภาวะทางจิตใจ อารมณ์ ความรู้สึก ส่งผลให้อารมณ์ของวัยรุ่นแปรปรวนอ่อนไหวง่าย มีความต้องการทางเพศสัมพันธ์ตามธรรมชาติของร่างกาย และทางด้านสภาพสังคมที่เปลี่ยนแปลงไปในปัจจุบัน มีลักษณะการเปิดกว้างเกี่ยวกับเรื่องเพศมากขึ้น จึงเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้วัยรุ่นมีเพศสัมพันธ์ก่อนวัยอันควรได้อย่างอิสระ จึงส่งผลให้เป็นปัญหาสังคมอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งผลกระทบประการสำคัญที่เกิดจากพฤติกรรมเสี่ยงทางเพศของวัยรุ่น นอกจากโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ และเอดส์ คือ การตั้งครรภ์ จากรายงานประจำปี 2563 สำนักอนามัยการเจริญพันธุ์ ปี พ.ศ. 2560-2562 พบว่าอัตราการคลอดมีชีพในหญิงอายุ 10 -14 ปี มีอัตราการคลอดเท่ากับ 1.3, 1.2 และ 1.1 ต่อพัน ซึ่งลดลงจากอัตราการคลอดสูงที่สุดใน พ.ศ. 2555 คือ 1.8 ต่อพัน และยังพบหญิงอายุ 15-19 ปี มีอัตราการคลอดเท่ากับ 39.6, 35.0 และ 31.3 ต่อพัน (สำนักอนามัยการเจริญพันธุ์, 2563) และจากข้อมูลการคลอดมีชีพของมารดาวัยรุ่นในภาคเหนือ ปี พ.ศ. 2562-2564 พบว่าอัตราการคลอดมีชีพในหญิงอายุ 10 -14 ปี และหญิงอายุ

15-19 ปี มีอัตราการคลอดเท่ากับ 0.9, 0.8, 0.7 และ 20.6, 20.2 และ 16.7 ต่อพัน (กระทรวงสาธารณสุข, 2564) จะเห็นได้ว่าอัตราการคลอดในสตรีวัยรุ่นมีแนวโน้มลดลง แต่ยังคงถือว่าเป็นสถิติที่สูงกว่าประเทศที่พัฒนาแล้ว ข้อมูลดังกล่าวถือได้ว่าเป็นข้อมูลที่ทำให้สังคมต้องตระหนักถึงปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งในการพัฒนาของประเทศจะต้องอาศัยกำลังสำคัญอย่างวัยรุ่นเพื่อเข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนาประเทศต่อไป

รายงานสถิติการคลอดของมารดาวัยรุ่นในจังหวัดตาก ปี พ.ศ. 2562-2564 พบว่าอัตราการคลอดของหญิงอายุ 10-14 ปี และ 15-19 ปี มีอัตราการคลอดเท่ากับ 1.2, 1.3, 0.9 และ 35.0, 33.3, 24.2 ต่อพัน (กระทรวงสาธารณสุข, 2564) ซึ่งจะเห็นได้ว่าอัตราการคลอดในสตรีวัยรุ่นอายุต่ำกว่า 20 ปี ของจังหวัดตากโดยรวมมีแนวโน้มการคลอดลดลงอย่างเห็นได้ชัด ในเขตอำเภอพบพระรายงานสถิติการคลอดของมารดาวัยรุ่น ปี พ.ศ. 2562-2564 พบว่าอัตราการคลอดของหญิงอายุ 10-14 ปี และ 15-19 ปี มีอัตราการคลอดเท่ากับ 1.0, 1.0, 1.6 และ 49.2, 35.8, 38.7 ต่อพัน ในพื้นที่ตำบลรวมไทยพัฒนา พบอัตราการคลอดของหญิงอายุ 10-14 ปี ปี พ.ศ. 2562 และ ปี พ.ศ. 2564 มีอัตราการคลอดเท่ากับ 1.3 และ 2.5 ต่อพัน และพบอัตราการคลอดของหญิงอายุ 15-19 ปี มีอัตราการคลอดเท่ากับ 62.8, 37.8 และ 48.8 ต่อพัน (กระทรวงสาธารณสุข, 2564) จะเห็นได้ว่าในเขตอำเภอพบพระและตำบลรวมไทยพัฒนา มีอัตราการคลอดของหญิงอายุ 10-19 ปี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก ปี 2563 ซึ่งโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลรวมไทยพัฒนา ได้มีการดำเนินการจัดทำโครงการอบรมให้ความรู้เรื่องอนามัยเจริญพันธุ์และฝึกทักษะการป้องกันการตั้งครรภ์ แก่วัยรุ่นและแม่วัยรุ่นในพื้นที่ทุกปีเพื่อแก้ไขปัญหาการตั้งครรภ์ก่อนวัย แต่ยังคงพบปัญหาการคลอดของหญิงอายุต่ำกว่า 20 ปี สูงเกินเกณฑ์ทุกปี (ตัวชี้วัดกระทรวงสาธารณสุขปี 2564 เกณฑ์เป้าหมายไม่เกิน 27 ต่อประชากรหญิง 15-19 ปี พันคน)

เนื่องจากตำบลรวมไทยพัฒนาเป็นตำบลหนึ่งในอำเภอพบพระที่มีประชากรส่วนใหญ่ ร้อยละ 86.7 เป็นชนเผ่าม้ง มีอาชีพเกษตรกร ด้วยวิถีชีวิตและวัฒนธรรมการนิยมมีบุตรตั้งแต่อายุน้อย และมีบุตรจำนวนหลายๆ คน โดยไม่คำนึงถึงปัจจัยด้าน อายุ การศึกษา อาชีพ และรายได้ สภาพครอบครัวมีฐานะทางเศรษฐกิจต่ำบิดามารดามีการศึกษาน้อยและมักมีอาชีพรับจ้าง สตรีวัยรุ่นตั้งครรภ์ร้อยละ 14.05 จึงไม่ต้องการเรียนต่อจึงทำให้สตรีวัยรุ่นกลุ่มดังกล่าวส่วนใหญ่ ได้ศึกษาเล่าเรียนจบเพียงชั้นมัธยมศึกษา และประถมศึกษา เนื่องจากต้องออกมาหารายได้ช่วยบิดามารดา อายุของการตั้งครรภ์ครั้งแรกน้อยกว่า หรือเท่ากับ 16 ปี ประกอบกับกลุ่มเพื่อนซึ่งถือว่ามีอิทธิพลต่อการได้รับข้อมูลข่าวสารเรื่องเพศทำให้ก้าวสู่การเป็นมารดาวัยรุ่น ซึ่งพบว่าวัยรุ่นในพื้นที่เมื่อแต่งงานหรือตั้งครรภ์แล้วก็ต้องออกจากการศึกษา จึงทำให้วัยรุ่นขาดโอกาสทางการศึกษาขาดความรู้ในการดูแลสุขภาพและมีภาวะแทรกซ้อนขณะตั้งครรภ์ เช่น มีภาวะโลหิตจาง คลอดก่อนกำหนด ทารกมีน้ำหนักน้อย เป็นต้น รวมถึงการขาดความรู้การคุมกำเนิดที่ไม่ถูกต้องและไม่ต่อเนื่องทำให้เกิดการตั้งครรภ์ก่อนวัย

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับการตั้งครรภ์ก่อนวัยของสตรีวัยรุ่นชนเผ่าม้ง ในพื้นที่ ตำบลรวมไทยพัฒนา อำเภอพบพระ จังหวัดตาก เพื่อจะได้นำผลการวิจัยไปปรับใช้เป็นแบบแผนการให้บริการหรือดูแลให้ความช่วยเหลือสตรีวัยรุ่นที่ตั้งครรภ์ก่อนวัยทำให้เข้าใจถึงพฤติกรรมความรู้สึกรักนึกคิดของวัยรุ่นต่อสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสม นับเป็นประโยชน์ได้โดยตรงต่อวัยรุ่น ครอบครัว ชุมชน สังคม และผู้ใกล้ชิด จะได้เข้าใจกันเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการตั้งครรภ์ก่อนวัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับการตั้งครรภ์ก่อนวัยของสตรีวัยรุ่นชนเผ่าม้ง ในพื้นที่ ตำบลรวมไทยพัฒนา อำเภอพบพระ จังหวัดตาก

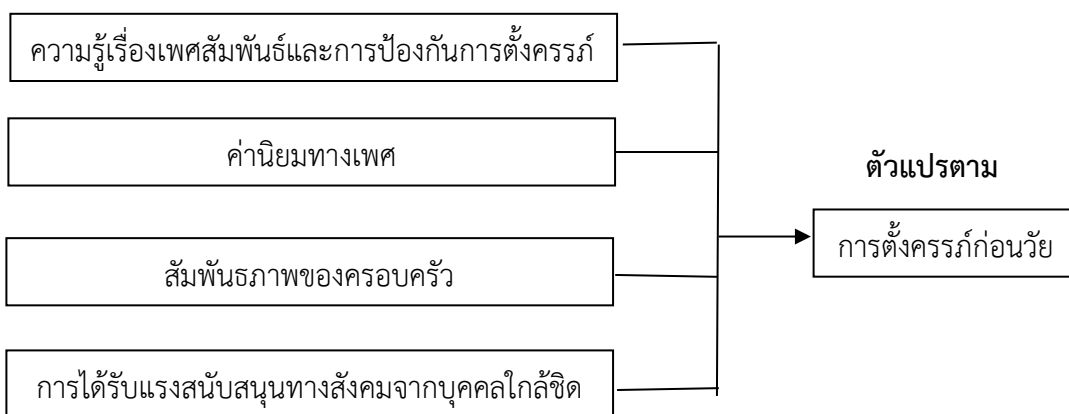
กรอบแนวคิดในการวิจัย

ตัวแปรต้น ได้แก่ ความรู้เรื่องเพศสัมพันธ์และการป้องกันการตั้งครรภ์ ค่านิยมทางเพศ สัมพันธภาพของครอบครัว การได้รับแรงสนับสนุนทางสังคมจากบุคคลใกล้ชิด

ตัวแปรตาม ได้แก่ การตั้งครรภ์ก่อนวัย

กรอบแนวคิดการวิจัย

ตัวแปรต้น



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ทำการประเมินหาปัจจัยที่สัมพันธ์การตั้งครรภ์ก่อนวัยของสตรีวัยรุ่นชนเผ่าม้งเพื่อหาแนวทางดำเนินการแก้ไขปัญหาการตั้งครรภ์ก่อนวัย ในพื้นที่ตำบลรวมไทยพัฒนา อำเภอพบพระ จังหวัดตาก ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัย โดยนำเสนอตามลำดับหัวข้อดังต่อไปนี้

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงพรรณนาโดยทำการเก็บข้อมูลจากประชากรเป็นสตรีวัยรุ่นที่ตั้งครรภ์ก่อนวัย ซึ่งอายุต่ำกว่า 20 ปี ที่มารับบริการฝากครรภ์ในปีงบประมาณ 2564 ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลรวมไทยพัฒนา ตำบลรวมไทยพัฒนา อำเภอพบพระ จังหวัดตาก เพื่อหาปัจจัยที่สัมพันธ์กับการตั้งครรภ์ก่อนวัยของสตรีวัยรุ่นชนเผ่าม้ง ในพื้นที่ตำบลรวมไทยพัฒนา อำเภอพบพระ จังหวัดตาก และระบุความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เรื่องเพศสัมพันธ์และการป้องกันการตั้งครรภ์ ค่านิยมทางเพศ สัมพันธภาพของครอบครัว และการได้รับแรงสนับสนุนทางสังคมจากบุคคลใกล้ชิดกับการตั้งครรภ์ก่อนวัย โดยทำการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565

2. ประชากรที่ทำการศึกษา

ประชากรที่ทำการศึกษา คือ สตรีวัยรุ่นที่ตั้งครรภ์ก่อนวัย ซึ่งอายุต่ำกว่า 20 ปี ที่มารับบริการฝากครรภ์ในปีงบประมาณ 2564 ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลรวมไทยพัฒนา ในพื้นที่ตำบลรวมไทยพัฒนา อำเภอพบพระ จังหวัดตาก จำนวน 64 คน

3. ตัวอย่างและขนาดตัวอย่าง

3.1 การคำนวณขนาดตัวอย่าง

ตัวอย่างในการวิจัยเป็นสตรีวัยรุ่นที่ตั้งครรภ์ก่อนวัย ซึ่งอายุต่ำกว่า 20 ปี ที่มารับบริการฝากครรภ์ในปีงบประมาณ 2564 ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลรวมไทยพัฒนา ในพื้นที่ตำบลรวมไทยพัฒนา อำเภอพบพระ จังหวัดตาก จำนวน 64 คน โดยขนาดตัวอย่างเป็นการคัดเลือกโดยการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) และคำนวณกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Taro Yamane ดังนี้

$$n=N1+Ne2$$

n = ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ

N = ขนาดของประชากร

e = ความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างที่ยอมรับได้

$$n = 641 + 640.0025$$

$$n = 55.17$$

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด จำนวน 55 คน

3.2 เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัย (Inclusion criteria)

1. สตรีวัยรุ่นที่ตั้งครรภ์ก่อนวัย ซึ่งอายุต่ำกว่า 20 ปี ที่มารับบริการฝากครรภ์ในปีงบประมาณ 2564 ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลรวมไทยพัฒนา ในพื้นที่ตำบลรวมไทยพัฒนา อำเภอพบพระ จังหวัดตาก ที่เป็นสตรีตั้งครรภ์วัยรุ่นชนเผ่าม้ง

2. เป็นผู้ที่อ่าน และเข้าใจภาษาไทย สามารถกรอกแบบสอบถามด้วยตนเองได้

3. สนใจเข้าร่วมโครงการวิจัยโดยได้รับการบอกกล่าวข้อมูลโครงการวิจัยอย่างครบถ้วน

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัยออก (Exclusion criteria)

1. กลุ่มตัวอย่างสตรีตั้งครรภ์วัยรุ่นที่เป็นคนไทยและต่างด้าว

2. ไม่สนใจตอบแบบสอบถาม

3. เจ็บป่วยในช่วงที่เก็บรวบรวมข้อมูล

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือแบบสอบถามซึ่งเป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นจากการดัดแปลงมาจากการทบทวนวรรณกรรม มีเนื้อหาที่ครอบคลุมตัวแปรที่ต้องการศึกษาทั้งหมด ดังนี้

ส่วนที่ 1 ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพสมรส อาชีพ รายได้ของครอบครัว จำนวน 5 ข้อ

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามความรู้เรื่องเพศสัมพันธ์และการป้องกันการตั้งครรภ์ มีลักษณะที่เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบมี 2 ตัวเลือก ใช่ ไม่ใช่ จำนวน 15 ข้อ

ส่วนที่ 3 เป็นแบบสอบถามปัจจัยด้านค่านิยมทางเพศ เป็นข้อคำถามแบบประเมินค่า (Rating Sacle) มี 5 ระดับ (บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์, 2549) ซึ่งผู้วิจัยพัฒนามาจากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย ข้อคำถามจำนวน 18 ข้อ

ส่วนที่ 4 เป็นแบบสอบถามสัมพันธภาพในครอบครัว เป็นข้อคำถามแบบประเมินค่า (Rating Scale) มี 5 ระดับ (บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์ , 2549) ซึ่งผู้วิจัยพัฒนามาจากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย ข้อคำถามจำนวน 15 ข้อ

ส่วนที่ 5 แบบสอบถามการได้รับแรงสนับสนุนทางสังคมจากบุคคลใกล้ชิด เป็นข้อคำถามแบบประเมินค่า (Rating Scale) มี 5 ระดับ (บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์ , 2549) ซึ่งผู้วิจัยพัฒนามาจากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย ข้อคำถามจำนวน 15 ข้อ

5. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

สร้างเครื่องมือ โดยศึกษาจากเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และสอบถามแนวทางจากผู้ที่มีความรู้และชำนาญในเรื่องนี้ เพื่อเป็นข้อมูลในการกำหนดรูปแบบ และเนื้อหาของแบบสอบถามนำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นไปขอคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความครอบคลุมของเนื้อหา นำแบบสอบถามมาปรับปรุงแก้ไขอีกครั้งตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ และนำแบบสอบถามไปเก็บรวบรวมข้อมูลตามกลุ่มตัวอย่าง

6. การเก็บข้อมูล

ผู้เก็บข้อมูลได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ตามลำดับดังนี้

1. ผู้วิจัยได้พบกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มได้หลังจากนั้นแนะนำตัว ชี้แจงวัตถุประสงค์และขออนุญาตในการให้ตอบแบบสอบถาม เมื่อกลุ่มตัวอย่างอนุญาต ผู้วิจัยเก็บข้อมูลโดยแจกแบบสอบถามให้กลุ่มตัวอย่างพร้อมอธิบายให้ทราบถึงวัตถุประสงค์ของการศึกษาและอธิบายถึงวิธีการตอบคำถาม และเปิดโอกาสให้ซักถามหลังจากนั้น ให้กลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามด้วยตนเองและรวบรวมแบบสอบถามคืนทันที
2. ผู้เก็บข้อมูลได้ทำการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลทั้ง 2 แห่งและในชุมชนด้วยตัวเอง
3. ผู้วิจัยเก็บข้อมูลในงานวิจัยตรวจสอบความครบถ้วน ถูกต้องของแบบสอบถามก่อนนำไปวิเคราะห์
4. นำข้อมูลที่ได้อ่านคิดคะแนนและวิเคราะห์ตามวิธีทางสถิติต่อไป

7. การวิเคราะห์และแปลผลข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้รับจากแบบสอบถามทั้ง 5 ส่วนที่สมบูรณ์มาวิเคราะห์ การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนา โดยการใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูลโดยเฉพาะเจาะจงกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยวิเคราะห์ตามแนวทางที่ได้กำหนดไว้แล้วนำเสนอโดยการพรรณนาวิเคราะห์ มีลำดับขั้นตอนดำเนินการ ดังต่อไปนี้

1. ตรวจสอบแบบสอบถามแบบสมบูรณ์
2. สถิติพรรณนาให้อธิบายข้อมูลโดยการหาจำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
3. สถิติวิเคราะห์ วิเคราะห์หาปัจจัยที่สัมพันธ์โดยใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

8. การพิทักษ์สิทธิของกลุ่มที่จะศึกษา

1. กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการพิทักษ์สิทธิ โดยจะไม่เปิดเผยชื่อ นามสกุล และที่อยู่ โดยจะมีการปรับเปลี่ยนเป็นรหัส เพื่อไม่เป็นการเปิดเผยตัวตนของกลุ่มตัวอย่าง
2. กลุ่มตัวอย่างสามารถออกจากการศึกษาได้ทุกเมื่อที่ต้องการ
3. ในวันเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้อธิบายถึงวัตถุประสงค์ให้กลุ่มตัวอย่างหรือผู้ให้ข้อมูลทราบอีกครั้งเพื่อขอความร่วมมือ ในการให้ข้อมูลด้วยความสมัครใจ

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องปัจจัยที่สัมพันธ์กับการตั้งครรภ์ก่อนวัยของสตรีวัยรุ่นชนเผ่าม้ง ในพื้นที่ตำบลรวมไทยพัฒนา อำเภอพบพระ จังหวัดตาก เป็นการวิจัยเชิงพรรณนา ดำเนินการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปและนำเสนอด้วยตารางประกอบคำบรรยายตามลำดับดังนี้

ส่วนที่ 1 ปัจจัยส่วนบุคคล

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนและร้อยละของปัจจัยส่วนบุคคล (n= 55)

ปัจจัยส่วนบุคคล	จำนวน	ร้อยละ
1. อายุ		
อายุ 14 ปี	1	1.8
อายุ 15 ปี	4	7.3
อายุ 16 ปี	8	14.5
อายุ 17 ปี	14	25.5
อายุ 18 ปี	13	23.6
อายุ 19 ปี	15	27.3
อายุเฉลี่ย = 17.4 , ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 1.3		
2. ระดับการศึกษา		
ประถมศึกษาหรือต่ำกว่า	6	10.9
มัธยมศึกษาตอนต้น	35	63.6
มัธยมศึกษาตอนปลาย	10	18.2
ปวช./ปวส.	4	7.3

3. สถานภาพสมรส

สมรสและอยู่ร่วมกับสามี	20	36.4
ปัจจัยส่วนบุคคล	จำนวน	ร้อยละ
หย่า/หม้าย/แยกกันอยู่	1	1.8
อยู่ร่วมกันแต่ไม่ได้สมรส	31	56.4
อื่นๆ	3	5.5

4. อาชีพ

เกษตรกร	32	58.2
รับจ้างทั่วไป	6	10.9
ประกอบอาชีพส่วนตัว	5	9.1
ว่างงาน	12	21.8

5. รายได้ของครอบครัว

ต่ำกว่า 3,000 บาท/เดือน	26	47.3
3,001-5,000 บาท/เดือน	11	20.0
5,001-10,000 บาท/เดือน	13	23.6
มากกว่า 10,000 ขึ้นไป	5	9.1

จากตารางที่ 1 พบว่าอายุของผู้ตอบแบบสอบถามเป็นอายุ 19 ปี คิดเป็นร้อยละ 27.3 รองลงมา คือ อายุ 17 ปี คิดเป็นร้อยละ 25.5 อายุ 18 ปี คิดเป็นร้อยละ 23.6 อายุ 16 ปี คิดเป็นร้อยละ 14.3 อายุ 15 ปี คิดเป็นร้อยละ 7.3 และอายุ 14 ปี คิดเป็นร้อยละ 1.8 **ระดับการศึกษา** พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามอยู่ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 63.6 รองลงมา คือมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 18.2 **ประถมศึกษาหรือต่ำกว่า**จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 10.9 **ปวช./ปวส.**จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 7.3 **สถานภาพสมรส** พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามอยู่ร่วมกันแต่ไม่ได้สมรสจำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 56.4 รองลงมา คือสมรสและอยู่ร่วมกับสามีจำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 36.4 **อื่นๆ** จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 5.5 และ**หย่า/หม้าย/แยกกันอยู่**จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 1.8 **อาชีพ** พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีอาชีพเกษตรกรจำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 58.2 รองลงมา คือว่างงานจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 21.8 รับจ้างทั่วไปจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 10.9 และประกอบอาชีพส่วนตัวจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 9.1 รายได้ของครอบครัว มีรายได้ต่ำกว่า 3,000 บาท/เดือน จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 47.3 รองลงมา คือ 5,001-10,000 บาท/เดือน จำนวน 13 คน

คิดเป็นร้อยละ 23.6 3,001-5,000 บาท/เดือน จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 20.0 และ มากกว่า 10,000 ขึ้นไป จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 9.1

ส่วนที่ 2 ความรู้เรื่องเพศสัมพันธ์และการป้องกันการตั้งครรภ์

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนและร้อยละของความรู้เรื่องเพศสัมพันธ์และการป้องกันการตั้งครรภ์ (n=55)

ความรู้เรื่องเพศสัมพันธ์และการป้องกันการตั้งครรภ์	ตอบถูก	
	จำนวน	ร้อยละ
ความรู้เรื่องเพศสัมพันธ์		
1. ผู้หญิงไม่สามารถตั้งครรภ์ได้ในการมีเพศสัมพันธ์ครั้งแรก	31	56.4
2. การมีเพศสัมพันธ์ ผู้หญิงจะไม่ตั้งครรภ์ถ้าไม่ถึงจุดสุดยอด	43	78.2
3. การมีเพศสัมพันธ์ผู้หญิงจะไม่ตั้งครรภ์ถ้าให้ผู้ชายหลั่งข้างนอก	19	34.5
4. เรื่องเพศเป็นเรื่องที่อายไม่ควรบอกให้พ่อแม่รู้เพราะฉะนั้นการปรึกษาเพื่อนเป็นวิธีที่ดีที่สุด	47	85.5
5. การมีเพศสัมพันธ์ที่ไม่ป้องกันจะทำให้ท่านเป็นโรคติดต่อ ทางเพศสัมพันธ์และการตั้งครรภ์	46	83.6
6. การมีเพศสัมพันธ์ที่ปลอดภัยเช่นใส่ถุงยางอนามัยช่วยป้องกันการตั้งครรภ์และการทำแท้ง	48	87.3
7. การมีเพศสัมพันธ์มี 2 รูปแบบคือเพศสัมพันธ์แบบสอดใส่ และเพศสัมพันธ์แบบไม่สอดใส่	37	67.3
8. การช่วยเหลือตนเองหรือการสำเร็จความใคร่ด้วยตนเองเป็นวิธีการจัดการอารมณ์เพศ	40	72.7
9. เพศศึกษาและเพศสัมพันธ์เป็นเรื่องเดียวกัน	32	58.2
การป้องกันการตั้งครรภ์		
10. เมื่อมีเพศสัมพันธ์ท่านจะให้คนรักหลั่งนอกเพราะเป็นวิธีคุมกำเนิดที่ดีที่สุด	24	43.6
11. ยาคุมกำเนิดชนิด 21 เม็ด และ 28 เม็ด ต้องรับประทานทุกวันก่อนการมีเพศสัมพันธ์	37	67.3
12. ยาคุมฉุกเฉินต้องกินทันที หลังการมีเพศสัมพันธ์ หรือภายใน 72 ชั่วโมง	46	83.6
13. การมีเพศสัมพันธ์ที่ไม่ได้ป้องกันทำให้ท่านเกิดการตั้งครรภ์	53	96.4
14. การป้องกันการตั้งครรภ์ที่วัยรุ่นนิยมใช้ คือการใส่ถุงยางอนามัยและทานยาคุม	55	100.0
15. การมีเพศสัมพันธ์ท่านไม่จำเป็นต้องป้องกันทุกครั้งเพราะไม่ทำให้ตั้งครรภ์	45	81.8

จากตารางที่ 2 โดยภาพรวม พบว่าความรู้เรื่องเพศสัมพันธ์และการป้องกันการตั้งครรภ์ เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงสุด ได้แก่ การป้องกันการตั้งครรภ์ที่วัยรุ่นนิยมใช้ คือการใส่ถุงยาง

อนามัยและทานยาคุม คิดเป็นร้อยละ 100.0 รองลงมา การมีเพศสัมพันธ์ที่ไม่ได้ป้องกันทำให้ท่านเกิดการตั้งครรภ์ คิดเป็นร้อยละ 96.4 ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ได้แก่ การมีเพศสัมพันธ์ผู้หญิงจะไม่ตั้งครรภ์ถ้าให้ผู้ชายหลังข้างนอก คิดเป็นร้อยละ 34.5

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนร้อยละ ของระดับความรู้เรื่องเพศสัมพันธ์และการป้องกันการตั้งครรภ์

ระดับความรู้	เกณฑ์ของระดับคะแนน	จำนวน (คน)	ร้อยละ (n=55)
ต่ำ	(0-8 คะแนน)	7	12.73
ปานกลาง	(9-11 คะแนน)	23	41.82
สูง	(12-15 คะแนน)	25	45.45

จากตารางที่ 3 พบว่าระดับความรู้เรื่องเพศสัมพันธ์และการป้องกันการตั้งครรภ์อยู่ในระดับสูง ร้อยละ 45.45 รองลงมาคือระดับความรู้เรื่องเพศสัมพันธ์และการป้องกันการตั้งครรภ์ระดับปานกลาง ร้อยละ 41.82 และระดับความรู้เรื่องเพศสัมพันธ์และการป้องกันการตั้งครรภ์ระดับต่ำ ร้อยละ 12.73

ส่วนที่ 3 ปัจจัยด้านค่านิยมทางเพศ

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ปัจจัยด้านค่านิยมทางเพศ (n=55)

ค่านิยมทางเพศ	\bar{X}	S.D.	ระดับ
1. การแต่งกายโชว์สัดส่วน เสื้อสายเดี่ยว เกาเซอร์ หรือ กางเกงขาสั้นทำให้เสี่ยงต่อการเกิดอาชญากรรมทางเพศได้	3.76	.962	สูง
2. การพูดคุยทาง facebook/ line โปรแกรมแชทกับคนแปลกหน้าเป็นสาเหตุการถูกล่อลวงได้	3.71	.896	สูง
3. การอยู่ตามลำพังระหว่างชายหญิงนำไปสู่การมีเพศสัมพันธ์ได้	3.93	.813	สูง
4. การยอมมีเพศสัมพันธ์กับคู่รักในวัยเรียนเป็นการแสดงออกที่ผิด	3.47	.940	ปานกลาง
5. การอยู่ก่อนแต่งงานมีภรรยาขณะอยู่ในวัยเรียนเป็นสิ่งที่ไม่ควรประพฤติ	3.58	1.049	สูง
6. ผู้หญิงมีสิทธิและโอกาสมากขึ้นเกี่ยวกับเรื่องเพศ เช่นการเลือกคู่ครอง การเป็นผู้นำครอบครัว เป็นต้น	3.58	.832	สูง

7. สื่อจากโทรทัศน์ ภาพยนตร์ หรือข่าว เสนอพฤติกรรม ทางเพศที่ไม่เหมาะสม เช่น การกอดจูบ การมีเพศสัมพันธ์ เป็นต้น นำไปสู่การลอกเลียนแบบได้	3.65 .927	สูง
8. การแสดงออกอย่างเปิดเผยในเรื่องเพศ หรือ การที่วัยรุ่นหญิงบางคนตามจับผู้ชาย เป็นสิ่งที่ไม่ควรประพฤติ	3.16 .856	ปานกลาง
9. ผู้หญิงควรรอคอยที่จะมีเพศสัมพันธ์จนกว่าจะถึงวัยและเวลาที่เหมาะสม เช่น เรียนจบ หรือมีงานทำที่มั่นคง	3.64 .988	สูง
10. การยอมมีเพศสัมพันธ์เพื่อเป็นเครื่องผูกมัดฝ่ายชาย	3.69 836	สูง
11. การกอดจูบลูบคลำระหว่างคนรักในที่สาธารณะเป็นสิ่งไม่ควรประพฤติ	3.87 1.233	สูง
12. การยอมมีเพศสัมพันธ์กับคู่รักทำให้ความสัมพันธ์ยาวนาน มั่นคง	3.51 .900	สูง
13. ผู้หญิงควรรู้จักการปฏิเสธ เช่น ไม่ หยุด อย่า เพื่อป้องกันตนเองจากการถูกล่วงละเมิดทางเพศ	4.16 .739	สูง
14. การมีเพศสัมพันธ์ระหว่างชายหญิงเป็นการแสดงออกถึงความรัก	3.22 .786	ปานกลาง
15. การไม่มีแฟนหรือก็กเป็นสิ่งที่ล้ำสมัย ทำให้อายเพื่อน	3.65 .947	สูง
16. เรื่องเพศสามารถพูดคุยปรึกษากับพ่อแม่ ครูอาจารย์ได้	3.69 .858	สูง
17. ผู้หญิงต้องไม่แสดงกิริยายั่วยวน แสดงท่าทีเชื้อเชิญหรือให้โอกาสผู้ชายได้เข้ามาใกล้ชิด	3.76 .860	สูง
18. ผู้หญิงควรมองเห็นคุณค่าและรักในเกียรติและศักดิ์ศรีของตนเอง	4.40 .627	สูง
รวม	3.69 .472	สูง

จากตารางที่ 4 โดยภาพรวม พบว่าค่านิยมทางเพศอยู่ในระดับสูง ($\bar{X} = 3.69$, S.D.=.472) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าข้อที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงสุด ได้แก่ ผู้หญิงควรมองเห็นคุณค่าและรักในเกียรติและศักดิ์ศรีของตนเอง ($\bar{X} = 4.40$, S.D.=.627) รองลงมา ผู้หญิงควรรู้จักการปฏิเสธ เช่น ไม่ หยุด อย่า เพื่อป้องกันตนเองจากการถูกล่วงละเมิดทางเพศ ($\bar{X} = 4.16$, S.D.=.739) ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ได้แก่ การแสดงออกอย่างเปิดเผยในเรื่องเพศ หรือ การที่วัยรุ่นหญิงบางคนตามจับผู้ชาย เป็นสิ่งที่ไม่ควรประพฤติ ($\bar{X} = 3.16$, S.D.=.856)

ส่วนที่ 4 สัมพันธภาพในครอบครัว

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) สัมพันธภาพในครอบครัว (n=55)

สัมพันธภาพในครอบครัว	\bar{X}	S.D.	ระดับ
1. พ่อแม่เข้มงวดกวดขันท่านในทุก ๆ เรื่อง	2.93	.813	ปานกลาง
2. ครอบครัวสามารถให้คำแนะนำปรึกษาท่านได้ทุกเรื่อง	3.73	.912	มาก
3. ท่านรับรู้ปัญหาที่เกิดขึ้นในครอบครัวและมีส่วนในการแก้ปัญหา	3.00	.839	ปานกลาง
4. ท่านได้รับความชื่นชม สนับสนุนจากคนในครอบครัว	3.16	.877	ปานกลาง
5. ท่านได้รับความรัก ความเข้าใจ ความอบอุ่น จากคนในครอบครัว	3.71	.936	มาก
6. ครอบครัวยอมรับฟังความคิดเห็นและเหตุผลของท่าน	3.22	.917	ปานกลาง
7. ท่านได้รับความห่วงใย เอาใจใส่กันและกันจากคนในครอบครัว	3.56	.938	มาก
8. พ่อแม่ทำงานจนไม่มีเวลาว่างให้กับท่าน	3.40	1.011	ปานกลาง
9. ท่านเปิดเผยพูดคุยให้ครอบครัวทราบเกี่ยวกับเรื่องส่วนตัวรวมทั้งเรื่องความรัก	2.89	.916	ปานกลาง
10. ท่านกับคนในครอบครัวหรือญาติพี่น้องมักทะเลาะเบาะแว้งกัน	3.78	.956	มาก
11. สมาชิกในครอบครัวของท่านเคารพในสิทธิของกันและกัน	3.27	.891	ปานกลาง
12. ครอบครัวให้ความช่วยเหลือด้านการเงินแก่ท่าน	3.29	.956	ปานกลาง
13. ครอบครัวให้คำแนะนำอบรมสั่งสอนในหลักการดำเนินชีวิตรวมถึงการคบเพื่อนต่างเพศ	3.45	.997	ปานกลาง
14. ท่านสามารถระบายความทุกข์ใจหรือกังวลใจกับคนในครอบครัว	3.15	1.161	ปานกลาง
15. เมื่อท่านมีปัญหา ครอบครัวและญาติพี่น้องจะอยู่เคียงข้างช่วยเหลือแก้ปัญหาให้	3.49	.979	ปานกลาง
รวม	3.33	.506	ปานกลาง

จากตารางที่ 5 โดยภาพรวม พบว่าสัมพันธภาพในครอบครัวอยู่ในระดับปานกลาง (\bar{X} =3.33, S.D.=.506) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงสุด ได้แก่ ท่านกับคนในครอบครัวหรือญาติพี่น้องมักทะเลาะเบาะแว้งกัน (\bar{X} =3.78, S.D.=.956)รองลงมา ครอบครัวสามารถให้คำแนะนำปรึกษาท่านได้ทุกเรื่อง (\bar{X} =3.73, S.D.=.912) ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ได้แก่ ท่านเปิดเผยพูดคุยให้ครอบครัวทราบเกี่ยวกับเรื่องส่วนตัวรวมทั้งเรื่องความรัก (\bar{X} =2.89, S.D.=.916)

ส่วนที่ 5 การได้รับแรงสนับสนุนทางสังคมจากบุคคลใกล้ชิด

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การได้รับแรงสนับสนุนทางสังคมจาก บุคคลใกล้ชิด (n=55)

การได้รับแรงสนับสนุนทางสังคมจากบุคคลใกล้ชิด		\bar{x}	S.D.	ระดับ
ด้านอารมณ์				
1.	บิดามารดาสามี / เอาใจใส่และให้การสนับสนุนท่าน ตั้งครรภ์ในช่วงวัยรุ่น	2.82	1.124	ปานกลาง
2.	บิดามารดา / สามี ยินดีรับฟังปัญหาและช่วยหาวิธีแก้ไขปัญหาให้ท่าน	3.22	.975	ปานกลาง
3.	บิดามารดา / สามี ตำหนิต่านและไม่ยอมให้ท่านคุมกำเนิดในช่วงวัยรุ่น	3.87	1.072	มาก
4.	เมื่อท่านเครียดท่านสามารถปรึกษาสมาชิกในครอบครัวได้	3.33	1.019	ปานกลาง
5.	บิดามารดา / สามี ตำหนิต่าน เมื่อทราบว่าท่านตั้งครรภ์ในช่วงวัยรุ่น	3.16	1.229	ปานกลาง
ด้านข้อมูลข่าวสาร				
6.	บิดามารดา / สามี แนะนำให้รับประทานอาหารที่มีประโยชน์ต่อการตั้งครรภ์	4.05	.989	มาก
7.	บิดามารดา / สามี แนะนำให้ท่านไปพบแพทย์หรือเจ้าหน้าที่สาธารณสุขเมื่อเห็นว่าการตั้งครรภ์ผิดปกติ	3.96	.922	มาก
8.	บิดามารดา / สามี แนะนำท่านและพาท่านไปฝากครรภ์ทันที เมื่อรู้ว่าตั้งครรภ์	3.93	.900	มาก
9.	บิดามารดา แนะนำวิธีการเลี้ยงลูกให้ท่าน	4.13	.982	มาก
10.	บิดามารดา / สามี แนะนำท่านให้รับประทานยาบำรุงการตั้งครรภ์ให้ตรงเวลา	3.67	1.001	มาก
ด้านอุปกรณ์				
11.	บิดามารดา / สามี ให้ความช่วยเหลือ เมื่อท่านต้องการใช้เงินในระยะตั้งครรภ์ หรือหลังคลอด	3.69	.940	มาก
12.	บิดามารดา / สามี ซื้อของใช้ที่จำเป็นของลูกให้ เช่น ผ้าอ้อม เสื้อผ้า และขวดนม	3.69	1.120	มาก
13.	บิดามารดา / สามี ช่วยเลี้ยงลูกให้ท่านหลังคลอด	3.60	1.065	มาก
14.	บิดามารดา / สามี ช่วยสนับสนุนยานพาหนะในการมาฝากครรภ์แก่ท่าน	3.62	.933	มาก

15. บิดามารดา / สามี ชื่อของใช้จำเป็นของหญิงตั้งครรภ์และ หลังคลอดให้ท่าน เช่น เสื้อผ้า ยาสมุนไพร และเครื่องปั้นนม	3.38	1.340	ปานกลาง
รวม	3.60	.666	มาก

จากตารางที่ 6 โดยภาพรวม พบว่าการได้แรงสนับสนุนทางสังคมจากบุคคลใกล้ชิดอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.60$, S.D.=.666) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงสุด ได้แก่ บิดามารดา แนะนำวิธีการเลี้ยงลูกให้ท่าน ($\bar{X} = 4.13$, S.D.=.982) รองลงมา บิดามารดา / สามี แนะนำให้รับประทานอาหารที่มีประโยชน์ต่อการตั้งครรภ์ ($\bar{X} = 4.05$, S.D.=.989) ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ได้แก่ บิดามารดา สามี / เอาใจใส่และให้การสนับสนุนท่านตั้งครรภ์ในช่วงวัยรุ่น ($\bar{X} = 2.82$, S.D.=1.124)

ตารางที่ 7 ปัจจัยที่สัมพันธ์กับการตั้งครรภ์ก่อนวัยโดยใช้สถิติ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

ปัจจัย	การตั้งครรภ์ก่อนวัย	
	r	p-value
ความรู้เรื่องเพศสัมพันธ์และการป้องกันการตั้งครรภ์	-.014	.918
ค่านิยมทางเพศ	.023	.867
สัมพันธ์ภาพในครอบครัว	.165	.228
การได้รับแรงสนับสนุนทางสังคมจากบุคคลใกล้ชิด	.111	.418

จากตารางที่ 7 พบว่าความรู้เรื่องเพศสัมพันธ์และการป้องกันการตั้งครรภ์ไม่สัมพันธ์กับการตั้งครรภ์ก่อนวัย ($r = -.014$) ($p\text{-value} = .918$) ค่านิยมทางเพศไม่สัมพันธ์กับการตั้งครรภ์ก่อนวัย ($r = .023$) ($p\text{-value} = .867$) สัมพันธ์ภาพในครอบครัวไม่สัมพันธ์กับการตั้งครรภ์ก่อนวัย ($r = .165$) ($p\text{-value} = .228$) การได้รับแรงสนับสนุนทางสังคมจากบุคคลใกล้ชิดไม่สัมพันธ์กับการตั้งครรภ์ก่อนวัย ($r = .111$) ($p\text{-value} = .418$)

สรุปผลการวิจัย

ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคล

ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคลพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีอายุเฉลี่ย 17.4 มีระดับการศึกษาอยู่ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นคิดเป็นร้อยละ 63.6 มีสถานภาพอยู่รวมกันแต่ไม่ได้สมรส คิดเป็นร้อยละ 56.4 ส่วนใหญ่มีอาชีพเกษตรกร คิดเป็นร้อยละ 58.2 และมีรายได้ของครอบครัว ต่ำกว่า 3,000 บาท/เดือน คิดเป็นร้อยละ 47.3 จากการศึกษาสามารถจำแนกผลการศึกษาออกเป็นด้านๆ ตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาได้ดังนี้

1. ความรู้เรื่องเพศสัมพันธ์และการป้องกันการตั้งครรภ์

ผลการศึกษาโดยภาพรวม พบว่า ความรู้เรื่องเพศสัมพันธ์และการป้องกันการตั้งครรภ์ของสตรีวัยรุ่นอยู่ในระดับสูง ร้อยละ 45.45 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าข้อที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงสุด ได้แก่ การป้องกันการตั้งครรภ์ที่วัยรุ่นนิยมใช้ คือการใส่ถุงยางอนามัยและทานยาคุม คิดเป็นร้อยละ 100.0 รองลงมา การมีเพศสัมพันธ์ที่ไม่ได้ป้องกันทำให้ท่านเกิดการตั้งครรภ์ คิดเป็นร้อยละ 96.4 ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ได้แก่ การมีเพศสัมพันธ์ผู้หญิงจะไม่ตั้งครรภ์ถ้าให้ผู้ชายหลังข้างนอก คิดเป็นร้อยละ 34.5

2. ค่านิยมทางเพศ

ผลการศึกษาโดยภาพรวม พบว่า สตรีวัยรุ่นมีค่านิยมทางเพศอยู่ในระดับสูง ($\bar{X} = 3.69$, S.D.=.472) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงสุด ได้แก่ ผู้หญิงควรมองเห็นคุณค่าและรักในเกียรติและศักดิ์ศรีของตนเอง ($\bar{X} = 4.40$, S.D.=.627) รองลงมา ผู้หญิงควรรู้จักการปฏิเสธ เช่น ไม่ หยุต อย่า เพื่อป้องกันตนเองจากการถูกล่วงละเมิดทางเพศ ($\bar{X} = 4.16$, S.D.=.739) ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ได้แก่ การแสดงออกอย่างเปิดเผยในเรื่องเพศ หรือ การที่วัยรุ่นหญิงบางคนตามจีบผู้ชาย เป็นสิ่งที่ไม่ควรประพฤติ ($\bar{X} = 3.16$, S.D.=.856)

3. สัมพันธภาพในครอบครัว

ผลการศึกษาโดยภาพรวม พบว่า สัมพันธภาพในครอบครัวของสตรีวัยรุ่นอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 3.33$, S.D.=.506) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงสุด ได้แก่ ท่านกับคนในครอบครัวหรือญาติพี่น้องมักทะเลาะเบาะแว้งกัน ($\bar{X} = 3.78$, S.D.=.956) รองลงมา ครอบครัวสามารถให้คำแนะนำปรึกษาท่านได้ทุกเรื่อง ($\bar{X} = 3.73$, S.D.=.912) ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ได้แก่ ท่านเปิดเผยพูดคุยให้ครอบครัวทราบเกี่ยวกับเรื่องส่วนตัวรวมทั้งเรื่องความรัก ($\bar{X} = 2.89$, S.D.=.916)

4. การได้รับแรงสนับสนุนทางสังคมจากบุคคลใกล้ชิด

ผลการศึกษาโดยภาพรวม พบว่า สตรีวัยรุ่นได้รับแรงสนับสนุนทางสังคมจากบุคคลใกล้ชิดอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.60$, S.D.=.666) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงสุด ได้แก่ บิดามารดา แนะนำวิธีการเลี้ยงลูกให้ท่าน ($\bar{X} = 4.13$, S.D.=.982) รองลงมา บิดามารดา / สามี แนะนำให้รับประทานอาหารที่มีประโยชน์ต่อการตั้งครรภ์ ($\bar{X} = 4.05$, S.D.=.989) ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ได้แก่ บิดามารดา สามี / เอาใจใส่และให้การสนับสนุนท่านตั้งครรภ์ในช่วงวัยรุ่น ($\bar{X} = 2.82$, S.D.=.1.124) การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่สัมพันธ์กับการตั้งครรภ์ก่อนวัยของสตรีวัยรุ่นชนเผ่าม้ง พบว่า ความรู้เรื่องเพศสัมพันธ์และการป้องกันการตั้งครรภ์ ($r = -.014$) (p-value = .918), ค่านิยมทางเพศ ($r = .023$) (p-value = .867) สัมพันธภาพในครอบครัว ($r = .165$) (p-value = .228) และการได้รับแรงสนับสนุนทางสังคมจากบุคคลใกล้ชิด ($r = .111$) (p-value = .418) ไม่มีความสัมพันธ์กับการตั้งครรภ์ก่อนวัย

อภิปรายผลการวิจัย

1. ความรู้เรื่องเพศสัมพันธ์และการป้องกันการตั้งครรภ์

จากผลการศึกษา พบว่าความรู้เรื่องเพศสัมพันธ์และการป้องกันการตั้งครรภ์ ไม่มีความสัมพันธ์กับการตั้งครรภ์ก่อนวัย เนื่องจากส่วนใหญ่มีความรู้และวิธีการป้องกันการตั้งครรภ์อยู่ในระดับสูง แต่อาจไม่ครบถ้วน ทั้งนี้สตรีตั้งครรภ์วัยรุ่นยังมีความเข้าใจว่าการมีเพศสัมพันธ์ครั้งแรกโดยไม่ป้องกัน หรือการมีเพศสัมพันธ์โดยให้ผู้ชายหลั่งข้างนอกไม่ทำให้เกิดการตั้งครรภ์ได้ และคิดว่าการหลั่งข้างนอกเป็นวิธีการคุมกำเนิดที่ดี ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้วัยรุ่นตั้งครรภ์ก่อนวัย เพราะส่วนใหญ่สตรีตั้งครรภ์วัยรุ่นจบระดับการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จึงทำให้มีความรู้หรือการเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง และอาจด้วยวัฒนธรรมการนิยมมีบุตรหลายคน รวมทั้งการนิยมแต่งงานตั้งแต่อายุน้อยของชนเผ่าม้ง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของอิมอิรา อ่อนคำ (2564) ศึกษาวิถีชีวิตของกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง ผลการวิจัยพบว่า วิถีชีวิตของกลุ่มชาติพันธุ์ม้งสามารถสืบทอดวิถีชีวิตของตนเองไว้ได้โดยผ่านองค์ประกอบสำคัญ คือ สมาชิกครอบครัว ความร่วมมือของชุมชน และวัฒนธรรมศิลปะบนผืนผ้าเครื่องแต่งกาย ความเชื่อพิธีกรรม ประเพณี และภูมิปัญญาของชาวบ้าน ยังคงมีเอกลักษณ์เป็นของตนเองได้อย่างชัดเจน ถึงแม้สังคมจะเปลี่ยนแปลงและพัฒนาไปอย่างรวดเร็วแต่ชาติพันธุ์ม้งก็ยังรักษาและสืบทอดวิถีชีวิตของตนเองให้คงอยู่ได้ในปัจจุบัน

2. ค่านิยมทางเพศ

จากผลการศึกษา พบว่าค่านิยมทางเพศกับการตั้งครรภ์ก่อนวัยของสตรีวัยรุ่นชนเผ่าม้ง ไม่มีความสัมพันธ์กัน โดยภาพรวมค่านิยมทางเพศอยู่ในระดับสูง โดยพบว่าหญิงตั้งครรภ์วัยรุ่นส่วนใหญ่มีค่านิยมในการมองเห็นคุณค่าและรักในเกียรติและศักดิ์ศรีของตนเอง รู้จักการปฏิเสธ เช่น ไม่ หยุต อย่า เพื่อป้องกันตนเองจากการถูกล่วงละเมิดทางเพศ ไม่อยู่ตามลำพังระหว่างชายหญิงเพราะจะนำไปสู่การมีเพศสัมพันธ์ได้ และไม่คิดว่าการยอมมีเพศสัมพันธ์กับคู่รักเพื่อเป็นเครื่องผูกมัดหรือทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างคู่รักยาวนานมั่นคง แต่พบว่ามีวัยรุ่นบางส่วนที่มีค่านิยมทางเพศในทิศทางลบที่อยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่การมีเพศสัมพันธ์ระหว่างชายหญิงเป็นการแสดงออกถึงความรัก อาจเป็นเพราะปัจจุบันสังคมไทยมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในหลายๆด้าน โดยเฉพาะด้านการสื่อสารที่ทำให้สังคมไทยรับวัฒนธรรมต่างชาติ จึงทำให้ค่านิยมทางเพศของวัยรุ่นที่มีเพศสัมพันธ์ก่อนวัยมองเห็นเป็นเรื่องปกติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ฉัตรจงกล ตุลยนิษกะ และคณะ (2560) พบว่าค่านิยมทางเพศของสตรีวัยรุ่นมีค่านิยมทางเพศเรื่องความรัก คนรักที่ไม่ถูกต้อง เพราะเชื่อว่าการยอมมีเพศสัมพันธ์กับคนรักจะทำให้มีความรักกันมากขึ้น ไม่นอกใจ สามารถยืดระยะเวลาการคบหากันได้ บางรายเพราะกลัวคนรักมีคนอื่น หรือต้องการให้ครอบครัวยอมรับการคบหา จึงยอมมีเพศสัมพันธ์จนนำไปสู่การตั้งครรภ์ และคาดหวังต่อไปว่าหากตั้งครรภ์คนรักจะมีความรักผิดชอบรักครอบครัวมากขึ้น

3. สัมพันธภาพในครอบครัว

จากผลการศึกษา พบว่าสัมพันธภาพในครอบครัว ไม่มีความสัมพันธ์กับการตั้งครรภ์ก่อนวัยของสตรีวัยรุ่น อาจเป็นเพราะว่าด้วยสังคมของชนเผ่าม้งที่อาศัยอยู่ร่วมกันเป็นครอบครัวใหญ่มีการช่วยเหลือกันในครอบครัว ญาติพี่น้อง ให้ความรักความเอาใจใส่ ซึ่งกันและกัน ไม่ทะเลาะเบาะแว้งกัน ดั่งข้อคำถามที่เห็นด้วยที่อยู่ในระดับมาก ได้แก่ครอบครัวสามารถให้คำแนะนำปรึกษาท่านได้ทุกเรื่อง ท่านได้รับความรัก ความเข้าใจ ความอบอุ่น จากคนในครอบครัว ท่านได้รับความห่วงใย เอาใจใส่กันและกันจากคนในครอบครัว ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ในครอบครัวที่ดี จึงอธิบายได้ว่า เมื่อสตรีวัยรุ่นตั้งครรภ์ก่อนวัยก็จะสามารถปรับตัวกับสภาวะที่เปลี่ยนแปลงได้ ไม่ว่าจะในด้านร่างกาย ด้านจิตใจ หรือสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป เพราะได้รับความรักความเอาใจใส่จากครอบครัวและสามี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ฉัตรจงกล ตูลยนิชกะ และคณะ (2560) กล่าวคือ สตรีวัยรุ่นสามารถเผชิญกับผลของการตั้งครรภ์ก่อนวัยอันควรทั้งทางด้านร่างกายด้านจิตใจและด้านครอบครัวได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสตรีวัยรุ่นส่วนใหญ่มีสัมพันธภาพในครอบครัวอยู่ในระดับสูง ครอบครัวสามารถให้คำแนะนำปรึกษาได้ทุกเรื่อง และเมื่อมีปัญหาครอบครัวจะคอยช่วยเหลือและแก้ปัญหาให้จึงทำให้สตรีวัยรุ่นสามารถปรับตัวกับผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการตั้งครรภ์โดยไม่ได้วางแผน

4. การได้รับแรงสนับสนุนทางสังคมจากบุคคลใกล้ชิด

จากผลการศึกษาพบว่า การได้รับแรงสนับสนุนทางสังคมจากบุคคลใกล้ชิดไม่มีความสัมพันธ์กับการตั้งครรภ์ก่อนวัยของสตรีวัยรุ่น เนื่องจากระดับแรงสนับสนุนทางสังคมจากบุคคลใกล้ชิดของสตรีวัยรุ่น พบว่าอยู่ในระดับมาก อาจเนื่องจากสตรีวัยรุ่นส่วนมากอาศัยอยู่กับบิดามารดาและสามี ซึ่งสามีจะคอยดูแลเอาใจใส่ให้การช่วยเหลือแบ่งเบาภาระงาน ให้คำปรึกษาหาข่าวสาร และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการดูแลสุขภาพตนเองระยะการตั้งครรภ์จนถึงคลอด และพาไปพบแพทย์เมื่อมีอาการผิดปกติ และยังมีบิดามารดาให้คำปรึกษาแนะนำวิธีการเลี้ยงลูกหลังคลอดและช่วยเหลือเลี้ยงลูก ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของกิ่งดาว แสงจินดาและคณะ (2560) ที่ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพัฒนาการเป็นมารดาของหญิงตั้งครรภ์วัยรุ่นที่ตั้งครรภ์โดยไม่ตั้งใจ ผลการวิจัยพบว่า การสนับสนุนทางสังคมของครอบครัว อยู่ในระดับค่อนข้างดี ($\bar{X} = 61.35$, $SD = 8.71$) แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างได้รับความรัก ความห่วงใย ความเอาใจใส่และการช่วยเหลือจากบุคคลในครอบครัวทั้งด้านอารมณ์ด้านวัตถุและด้านข้อมูลข่าวสารเป็นอย่างดี ทั้งนี้อธิบายได้ว่าการที่กลุ่มตัวอย่างพักอาศัยอยู่กับ บิดามารดาตนเอง สามีหรือบิดามารดาสามี ทำให้ได้รับความรัก ความสนใจเอาใจใส่ เอื้ออาทร ห่วงใย ตลอดจนการได้รับกำลังใจ และการช่วยเหลือต่างๆ จากบุคคลในครอบครัว

ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย

จากผลการศึกษา พบว่าสตรีวัยรุ่นส่วนใหญ่สามารถเผชิญกับการตั้งครรภ์ก่อนวัยได้อย่างเหมาะสมทุกด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านความรู้เรื่องเพศสัมพันธ์และการป้องกันการตั้งครรภ์, ด้านสัมพันธภาพในครอบครัว, ด้านค่านิยมทางเพศ และการได้รับแรงสนับสนุนทางสังคมจากบุคคลใกล้ชิด ในการป้องกันการตั้งครรภ์ก่อนวัย ซึ่งสามารถทำได้โดย

1. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจัดตั้งโครงการเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนการตั้งครรภ์ของสตรีวัยรุ่น เพื่อส่งเสริมให้เกิดความพร้อมและความเข้าใจในการเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆ โดยการให้ความรู้ในเรื่องการส่งเสริมดูแลสุขภาพร่างกาย เตรียมความพร้อมของหญิงวัยรุ่นที่จะเป็นสตรีวัยรุ่นตั้งครรภ์หรือคุณแม่วัยใส โดยเน้นให้สตรีวัยรุ่นที่ตั้งครรภ์สามารถดูแลตนเองได้ มีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป

2. จากผลการวิจัยพบว่า ความรู้เรื่องเพศสัมพันธ์และการป้องกันการตั้งครรภ์ ของกลุ่มสตรีวัยรุ่นยังมีความเข้าใจเกี่ยวกับการมีเพศสัมพันธ์และการป้องกันการตั้งครรภ์ที่ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน หน่วยงานที่รับผิดชอบควรมีการดำเนินการจัดกิจกรรมส่งเสริมเกี่ยวกับความรู้เรื่องการมีเพศสัมพันธ์และการป้องกันการตั้งครรภ์ โดยวิธีที่ถูกต้องและครบถ้วน

ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบผลของการตั้งครรภ์ระหว่างหญิงตั้งครรภ์วัยรุ่นและหญิงตั้งครรภ์วัยผู้ใหญ่ เพื่อเปรียบเทียบผลของการตั้งครรภ์ว่าเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร เพื่อการส่งเสริมดูแลสุขภาพให้กับหญิงตั้งครรภ์อย่างมีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น

2. ควรศึกษาเปรียบเทียบในระดับอำเภอ หรือ ระดับจังหวัด ในเรื่องปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการตั้งครรภ์ก่อนวัยของสตรีวัยรุ่นชนเผ่าม้ง เป็นลำดับต่อไป

3. การศึกษาครั้งต่อไปควรศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมและความเชื่อมั่นในการดูแลตนเองขณะตั้งครรภ์และผลของการตั้งครรภ์ เพื่อนำผลการศึกษาไปใช้ในการส่งเสริมดูแลสุขภาพแม่วัยรุ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- กิงดาว แสงจินดาและคณะ. (2560). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพัฒนาการเป็นมารดาของหญิงตั้งครรภ์วัยรุ่นที่ตั้งครรภ์โดยไม่ตั้งใจ.
- จรรยา สีนุช และสกวรัตน์ เทพรัักษ์. (2559). ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการตั้งครรภ์ของหญิงอายุต่ำกว่า 20 ปี และภาวะสุขภาพของทารกหลังคลอด ในเขตสุขภาพที่ 5.
- จิรกุล ครบสอน. (2555). ความเครียดและพฤติกรรมการเผชิญความเครียดของวัยรุ่นในสถานพินิจและคุ้มครองเด็กและเยาวชน. ของการศึกษาตามหลักสูตรพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพยาบาลเด็ก คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ฉัตรจงกล ตูลยนิชกะ และจิรัชยา เจียวักก. (2560). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลของการตั้งครรภ์ก่อนวัยอันควรของสตรีวัยรุ่นในจังหวัดพัทลุง มหาวิทยาลัยหาดใหญ่.
- มาลีวัล เลิศสาครศิริ. (2557). ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการตั้งครรภ์ไม่พึงประสงค์ของสตรีวัยรุ่นตามการรับรู้ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเซนต์หลุยส์.
- ยศยง จันทรวงศา. (2558). การสนับสนุนทางสังคมความเหมาะสมกันระหว่างคนกับสิ่งแวดล้อม และความผูกพันในงานกรณีศึกษาพนักงานต้อนรับบนเครื่องบิน บนสายการบินแห่งหนึ่ง. หลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาจิตวิทยาอุตสาหกรรมและองค์การ ภาควิชาจิตวิทยา คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- รัตติยา ชูโชติ.(2561). การรณรงค์การคุมกำเนิดในวัยรุ่น: บทบาทพยาบาลยุค 4.0. วารสารพยาบาลทหารบก ปีที่ 19 ฉบับพิเศษ (พ.ค.-ส.ค.) 2561, หน้า 42-52.
- ลัดดา สายพานิชย์, รศ.ดร.ธรร สุนทรายุทธ และ ผศ.ดร.ปริญญา ทองสอน. (2553). พฤติกรรมเสี่ยงทางเพศ.วารสารการบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สุภาภรณ์ มีแก้ว. (2561). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการตั้งครรภ์ซ้ำในมารดาวัยรุ่นหลังคลอดอายุต่ำกว่า 20 ปี ที่มารับบริการหลังคลอดในโรงพยาบาลศูนย์ โรงพยาบาลทั่วไปและโรงพยาบาลชุมชนในจังหวัดราชบุรี.

**แนวทางการเตรียมต้นฉบับบทความวิจัย/บทความวิชาการ
วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอินทร์นรินทร์ ยินดีรับบทความวิจัยและบทความวิชาการทางด้านสังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ วิทยาศาสตร์สุขภาพ และวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยบทความที่ส่งมาเพื่อพิจารณาตีพิมพ์จะต้องไม่เป็นผลงานวิจัย/วิชาการที่เคยได้รับการเผยแพร่ในวารสารใดมาก่อนหรือไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณาตีพิมพ์ของวารสารอื่น บทความทุกบทความที่ตีพิมพ์ลงในวารสารฉบับนี้จะต้องผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการแก้ไขต้นฉบับและการพิจารณาตีพิมพ์ตามลำดับก่อนหลัง โดยมีข้อเสนอแนะดังนี้

ประเภทของบทความ

1. บทความวิจัย หมายถึง การนำเสนอผลงานวิจัยอย่างเป็นระบบ กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์การวิจัย วิธีดำเนินการวิจัย และผลการวิจัย
2. บทความวิชาการ หมายถึง งานเขียนซึ่งเป็นเรื่องที่น่าสนใจ เป็นความรู้ใหม่ กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ แนวทางการแก้ไขปัญหา มีการใช้แนวคิดทฤษฎี ผลงานวิจัยจากแหล่งข้อมูล เช่น หนังสือ วารสาร อินเทอร์เน็ต ประกอบการวิเคราะห์วิจารณ์ เสนอแนวทางแก้ไข
3. บทวิจารณ์หนังสือ หมายถึง บทความที่วิพากษ์วิจารณ์ เนื้อหาสาระ คุณค่า และคุณูปการของหนังสือ บทความ หรือผลงานศิลปะ อาทิ นิทรรศการ ทัศนศิลป์ และการแสดงละครหรือดนตรี โดยใช้หลักวิชาและดุลยพินิจอันเหมาะสม
4. บทความปริทัศน์ หมายถึง งานวิชาการที่ประเมินสถานะล่าสุดทางวิชาการ (State of the Art) เฉพาะทางที่มีการศึกษาค้นคว้า มีการวิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ความรู้ทั้งทางกว้าง และทางลึกอย่างทันสมัย โดยให้ข้อพิพากษ์ที่ชี้ให้เห็นแนวโน้มที่ควรศึกษาและพัฒนาต่อไป

การเตรียมต้นฉบับ

ชื่อเรื่อง	ควรสั้นกะทัดรัดได้ใจความ ครอบคลุม ตรงกับวัตถุประสงค์และเนื้อหา
ชื่อผู้เขียน	พิมพ์ชื่อโดยไม่ใช้คำย่อ มีสถานที่ทำงาน หน่วยงานที่สังกัด อีเมล หมายเลขโทรศัพท์ โดยอ้างอิงเชิงบรรณทนายหน้าแรก
บทคัดย่อ	เป็นร้อยแก้ว เขียนเฉพาะเนื้อหาที่สำคัญ ให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์

	วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย (อย่างย่อ) และต้องมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
คำสำคัญ	ควรเลือกคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับบทความ ประมาณ 3-5 คำ ใช้ตัวอักษรภาษาไทยและภาษาอังกฤษ บทความที่เป็นภาษาอังกฤษมีเฉพาะคำสำคัญภาษาอังกฤษ
บทนำ	อธิบายถึงความเป็นมาและความสำคัญที่ทำการศึกษา วิจัย ค้นคว้าของผู้อื่นที่เกี่ยวข้อง วัตถุประสงค์ สมมติฐานและขอบเขตของการวิจัย
เนื้อเรื่อง	กรณีบทความที่เป็นภาษาไทยควรใช้ภาษาไทยให้มากที่สุด ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย กระชับและชัดเจน การใช้คำย่อต้องมีคำสมบูรณ์ไว้ในครั้งแรกก่อน
วิธีดำเนินการวิจัย	อธิบายขั้นตอนการวิจัย โดยกล่าวถึงแหล่งข้อมูล วิธีการรวบรวมข้อมูล วิธีการใช้เครื่องมือในการศึกษาหรือการวิจัย และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย
สรุปผลการวิจัย	อธิบายสิ่งที่ได้จากการศึกษา ไม่ควรซ้ำกับการแสดงผล แต่เป็นการสรุปประเด็น และสาระสำคัญของการวิจัยให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
อภิปรายผล	อธิบายถึงผลที่ได้รับจากการศึกษาหรือการวิจัย ว่าเป็นไปตามสมมติฐานหรือไม่ ควรอ้างถึงทฤษฎี หรือผลการศึกษาของผู้อื่นที่เกี่ยวข้องประกอบการอธิบาย
ข้อเสนอแนะ	อธิบายถึงการนำผลที่ได้จากการศึกษาไปใช้ประโยชน์ หรือข้อเสนอแนะ ปัญหาที่พบในการศึกษา เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาค้างต่อไป
เอกสารอ้างอิง	ให้เขียนเอกสารอ้างอิง ใช้ระบบนาม-ปี และหน้า (APA Style) ตามรูปแบบที่กำหนด

การเขียนเอกสารอ้างอิง

การอ้างอิงใช้รูปแบบของ American Psychological Association (APA)

การอ้างอิงในบทความ กรณีที่ผู้เขียนต้องการระบุแหล่งที่มาของข้อมูลในเนื้อเรื่องให้ใช้วิธีการอ้างอิงในส่วนเนื้อเรื่องแบบนาม-ปี (author-date in-text citation)

การอ้างอิงท้ายบทความ เป็นการรวบรวมรายการเอกสารทั้งหมดที่ผู้เขียนบทความได้ใช้อ้างอิงในการเขียนบทความ และจัดเรียงรายการตามลำดับตัวอักษรชื่อผู้แต่ง ตัวอย่างเช่น

ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). **ชื่อหนังสือ**. (พิมพ์ครั้งที่). เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์หรือโรงพิมพ์.

ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อบทความ. ใน ชื่อบรรณาธิการ, **ชื่อหนังสือ**. (เลขหน้าบทความ).

เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์หรือโรงพิมพ์.

ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อบทความ. **ชื่อวารสาร**. ปีที่พิมพ์ (ฉบับที่) เลขหน้าบทความ.

ชื่อผู้เชี่ยวชาญนิพนธ์. (ปีที่วิจัยสำเร็จ). **ชื่อวิทยานิพนธ์**. วิทยานิพนธ์ปริญญา(ระดับ) ชื่อสาขาวิชา
สังกัดของสาขาวิชา ชื่อมหาวิทยาลัย.

ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่เผยแพร่). **ชื่อเรื่อง**. สืบค้นเมื่อ [วัน เดือน ปี] จาก แหล่งสารสนเทศ. [หรือ URL]

การอ้างอิงในเนื้อหา

รูปแบบการอ้างอิงแบบแทรกในเนื้อหา มี 3 รูปแบบ ดังนี้

1. ผู้แต่ง, ปีที่พิมพ์, เลขหน้า) ไว้ท้ายข้อความที่อ้างอิง เช่น (ชนะดา วีระพันธ์, 2555, 55-56)
(Peter & Waterman, 1982, pp. 498-499) (Michalska J., 2008, p. 85)

กรณีที่ไม่ปรากฏเลขหน้าให้ลงแค่ชื่อผู้แต่งกับปีที่พิมพ์ไว้ในวงเล็บเดียวกัน เช่น
(ศิริโรจน์ วงศ์กระจ่าง, 2554)

2. ผู้แต่ง (ปีที่พิมพ์, เลขหน้า) กรณีมีการระบุชื่อผู้แต่งในเนื้อหาแล้ว ไม่ต้องระบุไว้ในวงเล็บท้าย
ข้อความที่อ้างอิง เช่น ธนกฤต วันตะเมธ (2554, น.90) ได้ศึกษาถึง.....
Robert E. Hegel (1997, p.14) studied.....

กรณีที่ไม่ปรากฏเลขหน้าให้ลงแค่ชื่อผู้แต่งกับปีที่พิมพ์ไว้ในวงเล็บ เช่น
(ศิริโรจน์ วงศ์กระจ่าง, 2554)

3. ปีที่พิมพ์ ผู้แต่ง (เลขหน้า) กรณีมีการระบุปีที่พิมพ์และผู้แต่งในเนื้อหาแล้ว (ปีที่พิมพ์และผู้แต่ง
สามารถสลับที่กันได้) ให้ระบุเฉพาะเลขหน้าที่อ้างอิงในวงเล็บเท่านั้นเช่น ในปี 2557 ศุภชัย ยาวะประภาส ได้กล่าว
ว่า สมรรถนะ หมายถึง ความรู้ ความสามารถที่แสดงออกถึงพฤติกรรมการบริหารงานบุคคลของผู้บริหาร
สถานศึกษา จนทำให้การปฏิบัติงานบริหารงานบุคคลบรรลุผลเหนือกว่าระดับปกติ (น.9)

การส่งต้นฉบับ

1. บทความมีความยาวไม่เกิน 15 หน้า กระดาษขนาด A4 ทั้งนี้รวมรูปภาพ ตาราง และเอกสารอ้างอิง
2. การตั้งค่าน้ำกระดาษ ให้กำหนดขอบบน 1.5 นิ้ว ขอบล่าง 1 นิ้ว ขอบซ้าย 1 นิ้ว และขอบขวา 1 นิ้ว
3. แบบตัวอักษรใช้ TH SarabunPSK โดยกำหนดขนาด ดังนี้
 - 3.1 ชื่อบทความภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาด 18 point ตัวหนา กึ่งกลางหน้ากระดาษ
 - 3.2 ชื่อ-สกุลผู้เขียน ทุกท่านภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาด 12 point ตัวหนา ชิดซ้าย
 - 3.3 สถานที่ทำงาน หน่วยงานที่สังกัด อีเมล หมายเลขโทรศัพท์ ขนาด 12 point อ้างอิงเชิงอรรถ

3.4 บทคัดย่อ ภาษาไทย และภาษาอังกฤษ ควรสั้นตรงประเด็น และเป็นการสรุปผลงานอย่างรัดกุม ครอบคลุมสาระสำคัญของการวิจัย ความยาวไม่เกิน 400 ตัวอักษร

3.5 คำสำคัญ ภาษาไทย และภาษาอังกฤษ เป็นการกำหนดสาระสำคัญที่สามารถนำไปใช้เป็นคำสืบค้นในระบบฐานข้อมูล ไม่ควรรยาวมากเกินไป และไม่ควรถูกเกิน 3-5 คำ

3.6 บทนำ (ความเป็นมา ความสำคัญ และมูลเหตุที่นำไปสู่การวิจัย)

3.7 วัตถุประสงค์ (มูลเหตุของการศึกษาวิจัย ซึ่งสอดคล้องกับชื่อเรื่องที่ศึกษาวิจัย)

3.8 เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี) เป็นการอ้างอิงแนวคิด ทฤษฎี หรือบทความที่เกี่ยวข้อง หากเป็นงานวิจัยเฉพาะทางควรมีส่วนนี้ เพื่ออธิบายข้อมูลพื้นฐานให้คนทั่วไปสามารถเข้าใจได้

3.9 วิธีดำเนินการวิจัย เป็นการอธิบายวิธีการดำเนินการวิจัย ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือ วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล ควรเสนอรูปแบบและแสดงขั้นตอนอย่างกระชับและชัดเจน

3.10 สรุปผลการวิจัย ควรนำเสนอผลอย่างชัดเจน น่าสนใจ ตรงประเด็น เป็นผลที่ค้นพบ โดยลำดับตามหัวข้อที่ศึกษา

3.11 อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ อภิปรายสิ่งที่ได้จากการวิจัย การนำไปใช้ประโยชน์และข้อเสนอแนะต่างๆ

3.12 เอกสารอ้างอิง ใช้ระบบนาม-ปี และหน้า (APA Style) ระบุแหล่งอ้างอิงเท่าที่ปรากฏในบทความ

ผู้นำเสนอผลงานสามารถดูรายละเอียดรูปแบบการจัดทำบทความฉบับเต็ม (Full Paper) ได้ที่ www.northern.ac.th

หากต้องการรายละเอียดเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ ฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น เลขที่ 888 หมู่ที่ 2 ตำบลหนองบัวใต้ อำเภอเมือง จังหวัดตาก 63000

โทรศัพท์ 0 5551 7488 ต่อ 808 โทรสาร 0 5551 7481 email : Journalsci@northern.ac.th

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นอร์ทเทิร์น

Journal of Science and Technology Northern

ปีที่ 3 ฉบับที่ 4 ประจำเดือน ตุลาคม - ธันวาคม 2565

วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น

ฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น

888 หมู่ที่ 2 ตำบลหนองบัวไต้ อำเภอเมือง จังหวัดตาก 63000

โทร.055-517488 ต่อ 808 www.northern.co.th